

CURRICULUM VITAE



Univ.Prof. DI Dr.

Thomas BEDNAR

Universitätsprofessor für Bauphysik
Leiter des Forschungsbereichs für Bauphysik und Schallschutz
Institut für Hochbau und Technologie

Karlsplatz 13/206-2
A-1040 Wien

thomas.bednar@tuwien.ac.at

Nach dem Studium der Technischen Physik im Jahr 2000 Promotion an der TU Wien über die Weiterentwicklung von Mess- und Rechenverfahren zur Beurteilung des feuchte- und wärmetechnischen Verhaltens von Bauteilen und Gebäuden. 2005 Habilitation an der TU Wien mit dem Fachgebiet „Bauphysik“.

Seit 2008 Leiter des Forschungsbereiches Bauphysik und Schallschutz.

Arbeitsschwerpunkt ist die Entwicklung und der Einsatz von Simulationsmodellen in der Bauphysik. Österreichisches Mitglied im IEA-ECBCS-Programm Annex 41 „Whole building heat, air and moisture response“, Annex 53 „Total Energy Use in Buildings: Analysis & Evaluation Methods“, Annex 55 „Reliability of Energy Efficient Building Retrofitting - Probability Assessment of Performance & Cost“,

Leitung des ÖNORM-Arbeitskreises für die Erstellung von bauphysikalischen Nachweisen, Mitarbeit bei Regelwerken für den Energieausweis, Bauakustik und Denkmalpflege auf nationaler und internationaler Ebene (WTA, CEN, ISO)

Seit 2009 ständiges Mitglied im Bundesdenkmalbeirat des Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Kultur.

Seit 2016 Mitglied in der Evaluationsgruppe für Förderanträge der schwedischen Grundlagenforschung und anwendungsnahen Forschung im Bereich „Gebaute Umwelt“.

Autor von über 267 Publikationen davon 75 mit anonymer externer Begutachtung.

BIM als Chance für die Bauphysik

Ergebnisse des Projektes SIMULTAN

Univ. Prof Dr. Thomas Bednar,

DIⁱⁿ Galina Paskaleva, DIⁱⁿ Sabine Wolny, DI Dr. Maximilian Neusser, Ing. Christoph Handler

Technische Universität Wien, A-1040 Wien

1. Einleitung

Die durchgängige Nutzung digitaler Bauwerksmodelle von der Planung, über die Ausführung, in der Betriebsphase bis zum Abriss, ist die Idee die mit BIM abgekürzt wird. Bereits in den 70er Jahren wurden Forschungsarbeiten (Eastman et.al. 1974) zum Aufbau und dem Einsatz virtueller Gebäudemodelle veröffentlicht. 1992 wurde der Begriff „Building Information Modeling“ erstmals von van Needer van und Tolman verwendet.

Der Vorteil eines durchgängigen Einsatzes digitaler Bauwerksmodelle ist der verlustfreie Informationsaustausch. Der Nachteil ist der Zwang zu einem interoperablen digitalen Bauwerksmodells. Genau genommen nicht nur Bauwerksmodell (Bautechnik, Gebäudetechnik) sondern auch Klimadaten-, Nutzungs-, Szenario- und Variantenmodells.

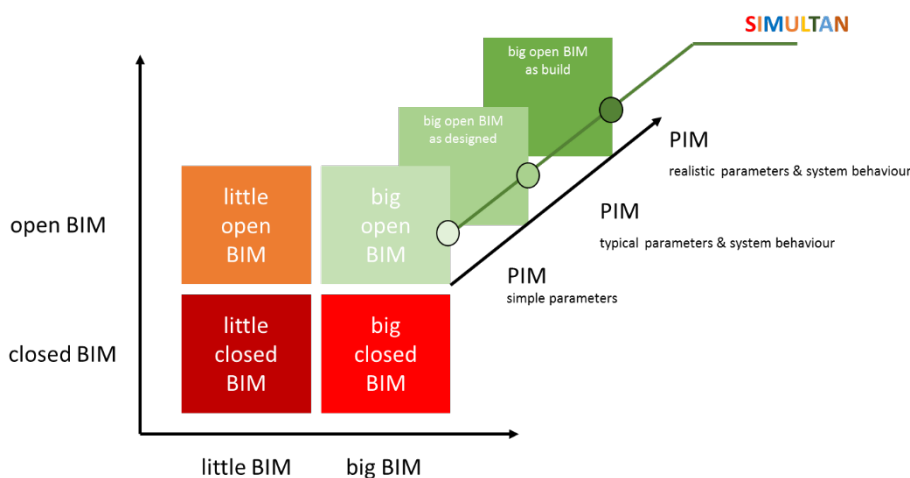


Abbildung 1: Die Breite und Tiefe des Einsatzes von BIM. LITTLE und BIG BIM unterscheiden ob BIM nur für eine Aufgabe im Lebenszyklus oder über den gesamten Lebenszyklus eingesetzt wird. CLOSED und OPEN BIM unterscheiden ob das Datenmodell „geheim“ oder veröffentlicht ist. Die Tiefe von BIM ergibt sich aus dem Umfang der Produktdeklaration (PIM=Product Information Modeling). Bei ersten Abschätzungen reichen einfache Parameter, am Ende des Planungsprozesses stehen detaillierte aber typische Parameter und Komponentenverhalten fest. Nach der Vergabe existieren die realen Parameter und das reale Verhalten der Komponenten ist aufgrund der Produktdeklaration vorhanden.

Im Rahmen des Projektes SIMULTAN wurde ein Proof-of-Concept für ein big-open-real-BIM Datenmodell mit einem interaktiven Tool zur Verwendung in multidisziplinären Teams entwickelt.

Die Entwicklung des Datenmodells und des interaktiven Tools erfolgte dabei unter Einbindung von Stakeholdern aus den Domänen Bauherr, Architektur, Bautechnik, Gebäudetechnik, Automatisierung, Gebäudeübergreifende Infrastruktur und Energieversorgung. In der Entwicklung wurden reale, bereits im Betrieb befindliche, sehr gut dokumentierte Bauprojekte verwendet.

2. Warum ist BIM eine Chance für die Bauphysik?

Ein modernes Renovierungs- oder Bauvorhaben hat durch Gesetze, verbindliche und unverbindliche Normen, Regelwerke, Empfehlungen eine Fülle an Anforderungen die sich bis zur Ausschreibung in der Regel bewusst oder unbewusst verändern. Mit der Ausschreibung sind die Qualität, der Zeitplan und die Kosten in der Errichtung, Betrieb bis zum Abriss determiniert. In den derzeit laufenden Bauvorhaben sind ein Teil der Qualitäten und Kosten im Prozess für alle oder manche Beteiligte sichtbar. Ein anderer Teil ist zwar sichtbar wird aber nicht über den Verlauf der Planung hinweg mit dem sich entwickelnden Konzept weiter konkretisiert. Ein beträchtlicher Teil der Kosten wird erst im Betrieb realisiert, da er von den Beteiligten in der Planung ausgesehen, nur eine kleine Eintrittswahrscheinlichkeit hat (Brand, Erdbeben, Feuchteschaden, etc.). Besonders die Kosten die mit einem Feuchteschaden verbunden sind werden derzeit noch ausgeblendet, da es kein abgesichertes Wissen und keine Ausbildung gibt, wie diese Kosten in der Planung ermittelt werden können. Für die mit einem Brand und Erdbeben verbundenen Risiken gibt es entweder allgemein anerkannte Auslegungsregeln der Bauteile (z.B. Brandschutz nach OIB RL 2 oder Erdbeben) oder es gibt die Möglichkeit ein individuelles Konzept zur Einhaltung der Schutzziele zu entwickeln (z.B. Brandschutzkonzept nach OIB RL 2 - Leitfaden).

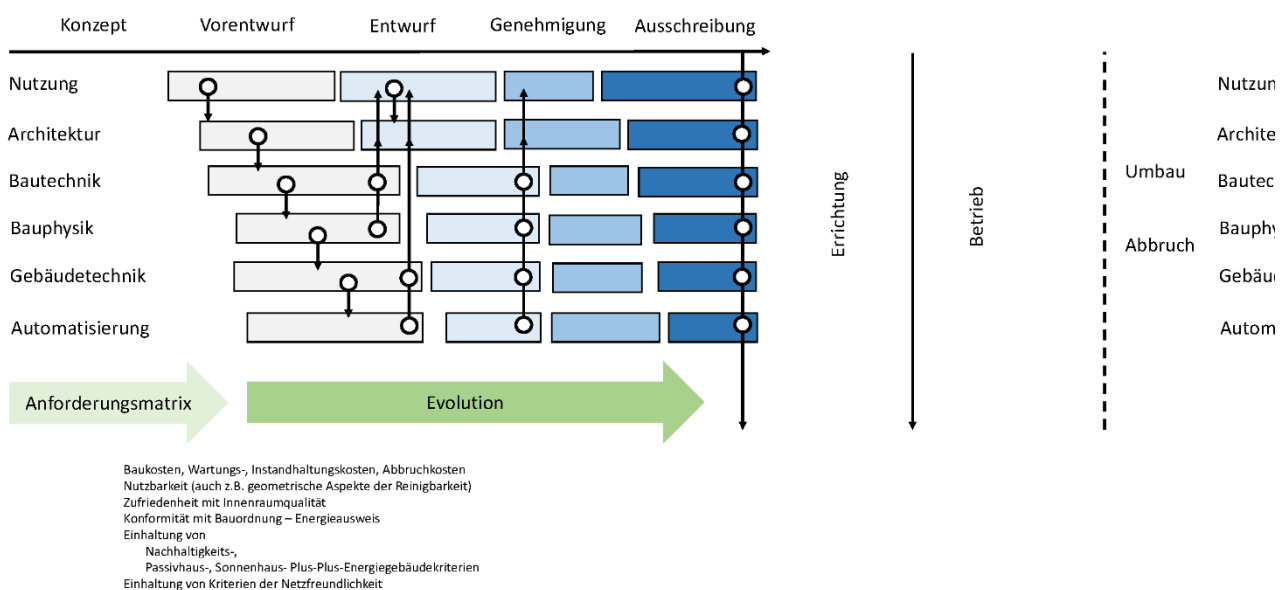


Abbildung 2: Schematische Abfolge der Planungsschritte – Weitergabe an Informationen und Rückfluss in andere Fachdisziplinen. Mit der Ausschreibung ist das Gebäude mit seinen Qualitäten, seiner Flexibilität, seiner Resilienz in Bezug auf unvorhergesehene Ereignisse definiert. Zu diesem Zeitpunkt sind die Errichtungskosten sehr gut eingeschätzt. Die Kosten für den restlichen Lebenszyklus sind teilweise geschätzt und teilweise unbekannt.

Eine wesentliche Komponente in den derzeit laufenden Planungen sind die Überlegungen des Bauherrn zur Flexibilität der Immobilie. Unterschiedliche zukünftige Nutzungen sollten ohne großen Aufwand später realisiert werden können. Besonders die Auslegung von Wärme- und Kälteabgabesystemen und die Elektroinstallation (Strom, IKT) werden diesbezüglich in Bezug auf die angedachte Hauptnutzung überdimensioniert. Eine weitere Flexibilität könnte aus der Berücksichtigung des zukünftigen Klimas kommen (APCC 2014).

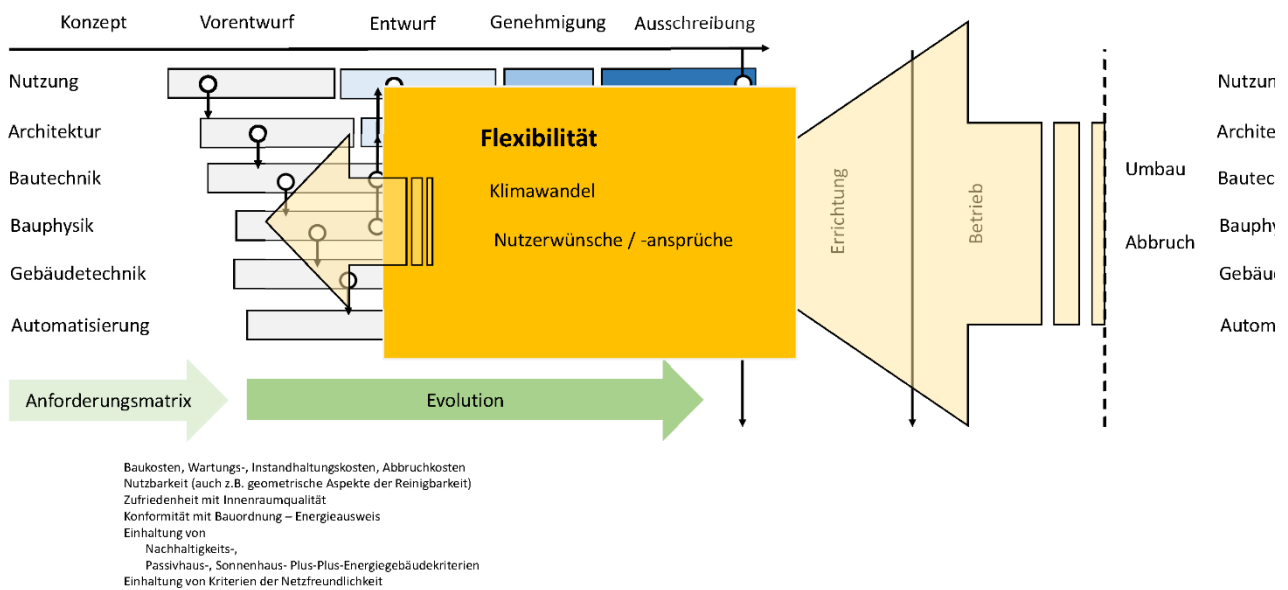


Abbildung 3: Planung unter Berücksichtigung einer Flexibilität in Bezug auf das zukünftige Klima und besonders möglicher zukünftige Nutzungen

Zur Durchführung eines Risikomanagements sind weitere Varianten an Einwirkungen auf das Gebäude zu berücksichtigen und zu analysieren. Der größte Vorteil der Berücksichtigung zukünftiger Ereignisse mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit ist eine sehr umsichtige Planung des Gesamtkonzeptes, da es einen systematischen Vorgang gibt, Risiken während der Bauzeit und auch in der Nutzungsphase zu erfassen und einen Plan zu entwickeln, wie das Risiko verringert, verschoben oder getragen werden kann.

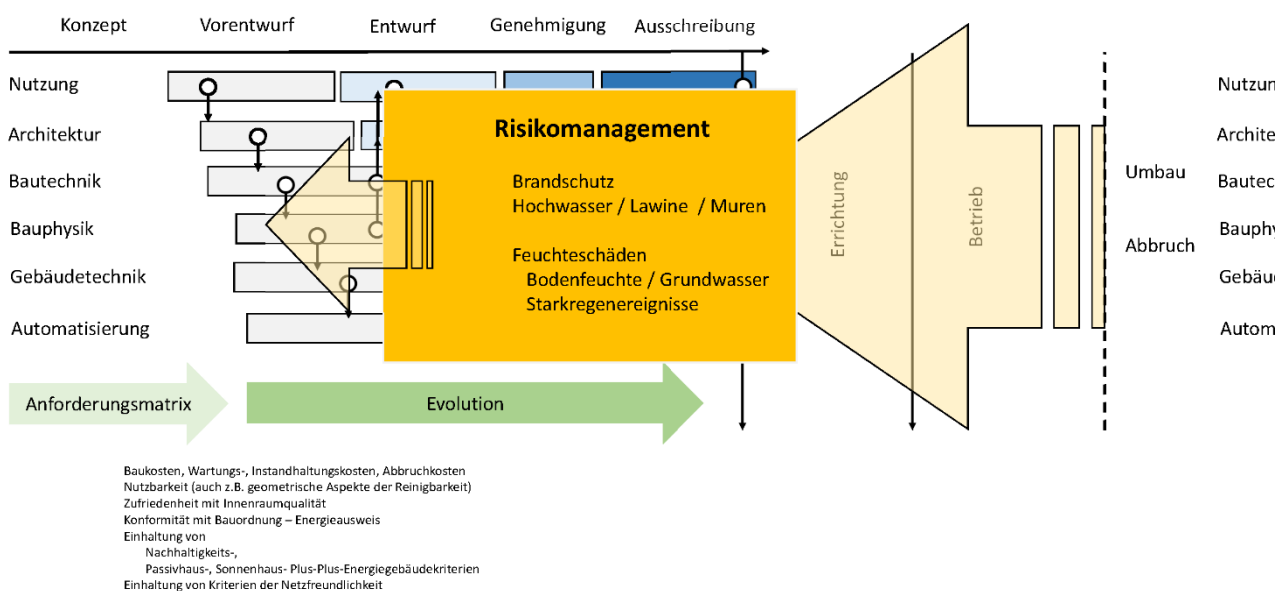


Abbildung 4: Rückwirkung von bekannten Risiken auf den Planungsvorgang

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

- Zeit für Planung wird immer geringer
- Die Anzahl an Varianten die analysiert werden sollten steigt je mehr Wissen vorhanden ist.
- Optimum kann nur gefunden werden, wenn es einen integralen Planungsvorgang gibt.
- Die Anforderungen kommen aus verschiedensten Quellen und sind nicht immer konsistent.
- Der Bauherr und jeder Fachexperte müssen den Überblick über Teile der Anforderungen behalten.
- Aufgrund von Zielkonflikten müssen die Anforderungen mit der Entwicklung des Konzeptes adaptiert werden

Derzeit wird der Planungstand von Architekturteam und vom Gebäudetechnikplanungsteam in Plänen verortet. Alle Fachexperten erstellen Beschreibungen, Listen und Teile der Ausschreibung. Die Konsistenz kann nur schwer gewährleistet werden.

Eine IT-Arbeitsumgebung kann den multidisziplinären Planungsvorgang unterstützen, wenn:

- Ein Datenmodell verwendet wird, dass von allen gleichzeitig (simultan) verwendet werden kann.
- Das Datenmodell muss in der Lage sein unterschiedliche Detaillierungstiefen parallel zu verarbeiten. Dadurch wird der Fortschritt schneller. Keiner muss unnötig auf einen anderen warten. Ein Moderator der die Kommunikation zu den parallel laufenden Schritten sichert könnte sehr hilfreich sein.
- Der Bauherr, das Architekturteam und alle Fachexpert_innen behalten die Eigentümerschaft über ihre Komponenten die sie beim Projekt für ihren Beitrag brauchen (Haftung für Teildatenmodelle).
- Alle können Analysen des Gebäudekonzeptes in Bezug auf ihre Anforderungen durchführen. Um Analysen durchführen zu können ist ein Mapping unterschiedlicher Datenmodelle bereitzustellen.
- Wenn ein Konzept alle Anforderungen aller Beteiligten erfüllt kann es ausgeschrieben werden.

Durch eine IT-Umgebung die die Zeit für die Eingaben der einzelnen Fachplaner_innen stark reduziert, in jeder Planungsphase ein konsistentes Modell gewährleisten kann, entsteht ohne wesentlichen Mehraufwand die notwendige Zeit um ausreichend viele Varianten zu analysieren.

Wenn open-big-design BIM wirklich funktioniert gibt es eine Chance das die notwendigen bauphysikalischen Analysen zur Optimierung eines Gebäudes und zum Risikomanagement durchgeführt werden.

Wenn open-big-real BIM wirklich funktioniert gibt es eine Chance das die Ausführung eine verstandene Qualität und ein ähnlich kleines Risiko für z.B. Feuchteschäden oder zu hohem Energieverbrauch hat wie es in der Planung konzipiert wurde.

3. Proof-of-Concept im Rahmen von SIMULTAN

Das SIMULTAN-Tool gibt dem Fachplaner die Möglichkeit, ein eigenes Datenmodell und eine fachgerechte Dateninteraktion zu definieren – mit anderen Worten – ohne Software-Entwicklungskenntnissen zu programmieren. Die so erstellten Modelle können als Fachbibliotheken in weiteren Projekten benutzt werden, um das darin enthaltene Wissen wiederzuverwerten. Das Tool ermöglicht auch die enge Zusammenarbeit

zwischen Vertretern unterschiedlicher Fachbereichen mit Fokus auf die Bauindustrie – Energieträger, Energieversorger, Bauträger, Nutzer, Architektur- und Tragwerksplanung, Brandschutz-, Bauphysik-, Gebäudetechnikplanung, Mess-, Steuerung- und Regelungstechnikplanung und Ausführung, wobei alle Zuständigkeiten klar festgelegt sind und von allen Beteiligten eingesehen werden können.

3.1. Datenmodell

Da das Simultan Tool ein mehrstufiges Datenmodell anbietet, wurde die Komplexität vergleichbarer Datenmodelle – z.B. des Industry Foundation Classes (IFC) Standard – vermieden.

Der Fachplaner hat Grundbausteine zur Verfügung, die beliebig miteinander gekoppelt werden können. Dadurch entstehen komplexere Bausteine, die einem komplexeren aber vom Fachplaner nach eigener Spezifikation erstellten Datenmodell entsprechen. Diese können zu einem noch komplexeren Baustein kombiniert werden usw.

Die Grundbausteine sind Komponenten, Parameter, Kennfelder, Gleichungen und Netzwerke. Komponenten bieten Lese-, Schreib-, Freigabe- und Publikationsrechte pro Benutzerrolle (Fachplaner) an. Die Netzwerke haben nur Lese- und Schreibrechte.

Eine Komponente kann Parameter, Gleichungen und Sub-Komponenten beinhalten. Die Gleichungen benutzen die Parameter der Komponente selbst oder der Sub-Komponenten als Input oder Output. Jede Komponente kann von anderen Komponenten referenziert werden. Dies erlaubt das Einholen von Parameterwerten von Komponenten, für die der aktive Benutzer keine Schreibrechte hat. Über Referenzieren können auch zulässige Intervalle für einen Parameter festgelegt werden.

Jeder Parameter trägt eine Fließkommazahl als sein numerischer Wert und eine beliebige Abfolge von alphanumerischen Zeichen als sein Text-Wert. Diese Werte können manuell eingegeben werden, von einem gleichnamigen Parameter einer referenzierten Komponente, oder von einem Kennfeld bezogen werden. Numerische Werte können das Ergebnis von der Berechnung einer Gleichung enthalten und es der nächsten Gleichung in der Berechnungskette weiterreichen.

Die Kennfelder können direkt aus einer Excel-Tabelle importiert werden. Weiter können sie manuell eingegebene dreidimensionale Funktionsfelder oder Wertefelder sein. Jeder Parameter kann über einen manuell gesetzten oder über andere Parameter gesteuerten Zeiger einen konkreten Wert daraus lesen.

Jede Gleichung kann elementare arithmetische Operationen sowie elementare mathematische Funktionen beinhalten. Mehrere Gleichungen über die gesamte Hierarchie einer Komponente und ihrer Sub-Komponenten bilden Berechnungsketten. Berechnungsschleifen sind nicht zulässig.

Um Redundanzen zu vermeiden, falls die gleiche Berechnung an mehreren Stellen benötigt wird, wird eine weitere Art der Komponentenbeziehung zur Verfügung gestellt – das Mapping. Dies ist eine Zuordnung der Parameter mehrerer datentragender Komponenten zu den Parametern der berechnungsfähigen Komponente, sodass die Berechnung die Inputwerte aus der datentragenden Komponente ausliest und dieser die Ergebnisse zurückliefert.

Ein Netzwerk besteht aus Knoten, Kanten und Sub-Netzwerken. Diese werden eingesetzt, um einen komplexen Datenfluss – eine Wertefortpflanzung in nicht-linearen Datenstrukturen (z.B. in einer Lüftungsanlage) - zu modellieren. Netzwerke erlauben das Einsetzen der gleichen Komponente in mehreren Knoten oder Kanten, um eine Komplexitätsreduktion und Datenkohärenz zu erzielen.

Da das Endprodukt der Aktivitäten, die durch das Simultan Tool unterstützt werden, ein oder mehrere Gebäude mit Geometrie ist, wird das Modell dieser Geometrie als Schnittstelle benutzt, um geometrisch bedingte Beziehungen der Komponenten zueinander, ausgedrückt durch Referenzieren, automatisch festzulegen – z.B.

eine Komponente ,die einen Raum beschreibt, bekommt Referenzen zu allen Komponenten, die ihre Nachbarräume beschreiben.

Als Grundbaustein der Geometrie-Schnittstelle dient ein Volumenkörper, der seine begrenzenden Oberflächen und deren Öffnungen sowie seine Maße kennt, und der seine benachbarten Volumenkörper entdecken kann.

Das Simultan Tool stellt eine Schnittstelle zu anderen Berechnungstools zur Verfügung – z.B. zu Web-Services, die Verschattung oder Heizwärmebedarf ausrechnen. Da die Kommunikation zwischen Fachplanern und Tools ein zentrales Thema des Projektes ist, wird die Datenstruktur, die vom anderen Tool benötigt wird, automatisch ausgelesen, und dem Benutzer wird die Möglichkeit bereitgestellt, eine semi-automatische Zuordnung zwischen dem eigenen mit Simultan erstellten Datenmodell und dem Datenmodell des anderen Tools zu definieren. Diese Zuordnung kann in weiterer Folge immer wieder auch bei neuen Komponenten angewandt werden.

4.4.2 Technische Umsetzung

Das Tool wurde in c# und xaml mit Microsoft Visual Studio entwickelt. Es wurden die .Net 4.5 und .Net 4.0 Bibliotheken verwendet. Für die Gestaltung und Anbindung der Benutzeroberfläche wurden die Windows Presentation Foundation (WPF) Bibliotheken eingesetzt.

Weitere externe Bibliotheken, die im Projekt verwendet wurden sind:

- Helix Toolkit (<https://github.com/helix-toolkit/helix-toolkit>, MIT Lizenz, Copyright © 2012 Helix Toolkit contributors: <https://github.com/helix-toolkit/helix-toolkit/graphs/contributors>):
Das ist eine Sammlung von Komponenten für das .Net Framework. Es erweitert die Funktionalität des WPF 3D Modells und ergänzt WPF um einen Szenengraph, ähnlich wie bei DirectX. In Simultan wurde dieses Tool benutzt, um die Darstellung von und Navigation in 3D Geometrie zu implementieren.
- Das o.g. Tool basiert auf SharpDX (<https://github.com/sharpx/SharpDX>, MIT Lizenz, Copyright © 2010-2014 SharpDX, Alexandre Mutel):
Das ist ein open-source managed .Net wrapper für die DirectX API und ermöglicht die Kommunikation mit dem Graphikkartentreiber, um 3D Geometrie zu rendern.
- Sprache (<https://github.com/sprache/Sprache>, MIT Lizenz, Copyright © 2011 Nicholas Blumhardt) und Sprache.Calc (<https://github.com/yallie/Sprache.Calc>, MIT Lizenz, Copyright (c) 2014 Alexey Yakovlev):
Das sind Bibliotheken zum Parsen und Berechnen von mathematischen Gleichungen. Sie wurden in Simultan für die Umsetzung der Gleichungen innerhalb der Komponenten eingesetzt.
- LibGit2Sharp (<https://github.com/libgit2/libgit2sharp>, MIT License, Copyright (c) LibGit2Sharp contributors: <https://github.com/libgit2/libgit2sharp/graphs/contributors>):
Diese Bibliothek ermöglicht die Kommunikation mit einem GIT Versionsverwaltungssystem, das die Konfliktauflösung bei der Interaktion unter den Benutzern ermöglicht, wenn diese an unterschiedlichen Geräten gleichzeitig arbeiten. Weiter erlaubt diese Bibliothek, in Simultan zwischen unterschiedlichen Versionen zu wechseln und Änderungen zu verfolgen.

4. Beispiele für Sichte auf das Datenmodell

Im Folgenden sind verschiedene Sichten auf das Datenmodell eines Mehrfamiliengebäudes in Passivhausbauweise dargestellt. Die Planungsphase ist Ende Vorentwurf. Zur Analyse der Baukosten Energieeffizienz und des thermischen Komforts sind die Geometrie, die Baukonstruktion in Bezug auf thermisches Verhalten und die wesentlichen Komponenten der Lüftungsanlage zur Bestimmung der Druckverluste notwendig.

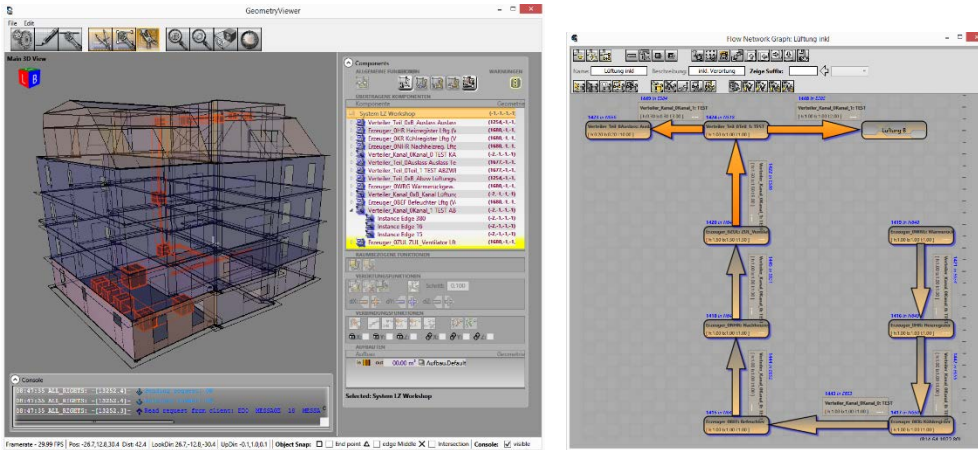


Abbildung 4: Geometrie und Verortung der wesentlichen Komponenten mit ihren Hauptabmessungen in einer dreidimensionalen Ansicht (links) und in einem Analogschema (rechts)

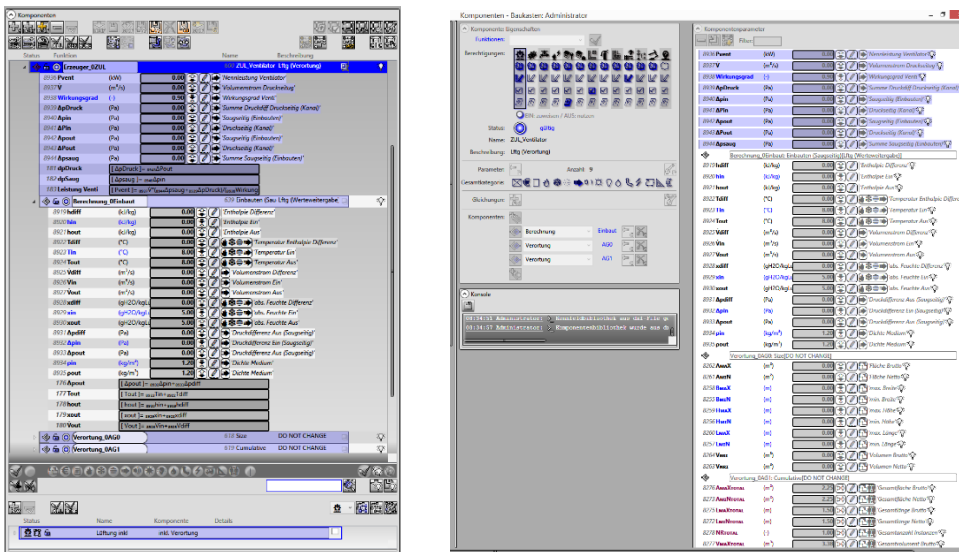


Abbildung 4: Parameterliste einer Komponente (links graue Zeilen) und Liste aller Komponenten der Lüftungsanlage (links blaue Zeilen); Rechts sind die Rechte zu der Komponenten in der Mitte und die Verknüpfungen der Parameter der Komponenten mit den anderen Komponenten zusammengestellt.

5. Danksagung

Das Projekt SIMULTAN wurde vom BMVIT im Rahmen von Stadt der Zukunft gefördert.

Projektwebseite auf der Stadt der Zukunft Webseite:

<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/simultan-simultane-planungsumgebung-fuer-gebaeudecluster-in-resilienten-ressourcen-und-hoechst-energieeffizienten-stadtteilen.php>

6. Literatur

Borrmann A., König M., Koch C., Beetz J.; (2015) Building Information Modeling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis; Springer Vieweg; Wiesbaden

Eastmann C; Teicholz P; Sacks R; Liston K; (2011) BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors 2nd. ed. Wiley

Eastmann C. (1975) "The Use of Computers Instead of Drawings", AIA Journal; Volume 63, Number 3; pp 46-50

van Nederveen, G.; Tolman F.P. (1992) Modelling multiple views on buildings. Automation in Construction; Volume 1; Number 3; pp 215-224

APCC (2014): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, 1096 Seiten. ISBN 978-3-7001-7699-2