QUEEN – EIN TOOL ZUR EVALUIERUNG INNOVATIVER GEBÄUDE- UND ANLAGENKONZEPTE AUF BASIS DYNAMISCHER SIMULATION

Markus Brychta, Florian Dubisch, Peter Palensky, Florian Stift
AIT Austrian Institue of Technology – Energy Department, Wien, Österreich

{markus.brychta, florian.dubisch, peter.palensky, florian.stift}@ait.ac.at

KURZFASSUNG

Der gegenwärtig in der Baubranche etablierte Planungsprozess ist in mancher Hinsicht konservativ. Eine frühe, abschätzende Evaluierung des energetischen Verhaltens von innovativen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäude- oder Haustechnik-Konzepten schon in der Vorentwurfsphase wird durch eine unzureichende Datengrundlage und fehlende Bewertungstools erschwert. Darüber hinaus resultiert aus der Anforderung nach Risikominimierung, dem Kostendruck und der Komplexität des Planungsprozesses ein hoher Erfolgsdruck auf das Planungsteam. Die genannten Faktoren stellen wesentliche Hemmnisse für den vermehrten Einsatz innovativer Gebäudetechnologien dar.

Das vorgestellte Tool ermöglicht in realen Bauvorhaben eine frühzeitige, abschätzende Bewertung unterschiedlicher Planungskonzepte hinsichtlich Energieeffizienz mittels dynamischer thermischer Simulation. Des Weiteren ist eine laufende Anpassung des Detailierungsgrades des Modells an die Datengrundlage des aktuellen Planungsstandes möglich.

ABSTRACT

The currently established planning and design process in the building industry is in some ways a very conservative one. An early evaluation of the energetic performance of innovative architectural design- and HVAC system concepts during the concept phase of a construction project is hindered due to missing detailed data and suitable tools. Furthermore, the pressure on the planning team to succeed is extremely high due to cost-pressure, the complexity of the planning process itself and the demand to minimize the risk-potential. The mentioned factors are a substantial barrier for the increased usage of energy efficient, innovative building technologies.

The presented tool enables an evaluation of different design concepts during a very early stage in the planning process. By using results of dynamic thermal building simulation, the concepts are judged with regard to their energy efficiency. An ongoing adaptation of the level of detail of the model to the actual state of planning is possible.

EINLEITUNG

Der weltweit ansteigende Energiebedarf legt immer höhere Ansprüche an die Entwicklung und Implementierung von energiesparenden Technologien. Die primär verwendeten Energieträger sind jedoch immer noch fossile Energieträger wie Öl oder Gas (EU: Öl 37%, Gas 24%, EC, 2009)

Mit einem Anteil von 40% trägt der Gebäudesektor einen maßgebenden Teil des Primärenergiebedarfs der Europäischen Union und ist dabei Hauptverursacher der gesamten Treibhausgasemissionen (EU Parlament, 2010). Um den Bedarf an Energie des Gebäudesektors zu minimieren wurden in den letzten Jahren mehr und mehr Normen zur Steigerung der Effizienz von Gebäuden und deren Anlagen erlassen – auf Europäischem Level die EU Gebäuderichtlinie.

Im Prinzip ist jedes neu geplante Gebäude ein Prototyp, bei dem traditionell hohe Baukosten und ein komplexer Planungsprozess, sowie normative Vorgaben eher Barrieren für innovative Techniklösungen darstellen. Um Innovation zu ermöglichen und ein optimales Gebäudedesign zu erreichen, sind verbesserte Planungsabläufe notwendig. Durch einen integralen Ansatz im Hinblick auf die Funktionalität, Effizienz und weiterer relevanter Eigenschaften eines Gebäudes können innovative Planungsprozess die Gebäude der Zukunft einen Schritt näher an die 20/20/20 Ziele der EU bringen.

PROBLEMSTELLUNG

Aufgrund der in der Einleitung beschriebenen Situation im Energiebereich soll die Energieeffizienz von Gebäuden gesteigert werden. Erreicht werden kann dies durch die Planung und Umsetzung energieeffizienter Konzepte für Gebäude- und HLK-Anlagen.

Datengrundlage in frühen Projektphasen

Wie in (BAIK, 2002) skizziert, wird bereits in frühen Phasen eines Bauvorhabens (Vorentwurf, Entwurf) das grundsätzliche Konzept für das Gebäude und die haustechnischen Anlagen und damit die Grundlage für ein, oft nur implizit vorhandenes, Energiekonzept entwickelt. Oft sind gerade in diesem frühen Projektstadium viele relevante Parameter noch nicht

verfügbar, so werden z.B. Sonnenschutzeinrichtungen, Luftwechselraten (Tag-, Nachtlüftung) oder innere thermische Lasten erst im späteren Projektverlauf berücksichtigt. Nichtsdestotrotz sind auf Basis dieser geringen Datengrundlage die verschiedenen, vom Planungsteam entwickelten Konzeptvorschläge zu vergleichen und zu bewerten (BRAHME, 2001).

Bewertungskriterien

Die Bewertung der Konzeptvorschläge erfolgt anhand vielfältiger Kriterien (z.B. Funktionalität, Ästhetik), aufgrund des vorherrschenden Kostendruckes dominiert jedoch oft der Kostenfaktor. Im Gegensatz dazu ist eine Bewertung hinsichtlich Energieeffizienz untergeordnet. Darüber hinaus führen die fehlenden Informationen zum zukünftigen Betriebsverhalten und des damit verursachten Energieverbrauches des Gebäudes zu einer Überbewertung der Investitionskosten bei gleichzeitiger Vernachlässigung der Betriebskosten.

Aufwand an Ressourcen

Neben dem finanziellen besteht auch ein starker Zeitdruck während des Planungsprozesses. Es sollen deshalb sowohl die oben beschriebene Bewertung und Vergleich der Konzeptvorschläge, wie auch die weitere Optimierung der ausgewählten Konzepte mit möglichst geringem Aufwand erfolgen. Eine detaillierte Betrachtung innovativer Gebäude- und HLK-Konzepte wird dadurch erschwert.

Integrale Planung

Erfolgt die Optimierung hinsichtlich Energieeffizienz getrennt in den einzelnen Planungsdisziplinen (Architektur, HLK...), so führt dies nur selten zu einem Optimum für das Gesamtsystem „Gebäude-HLK“ - Ein integraler Planungs- und Optimierungsansatz ist nötig.

Informationsfluss

Der Einsatz von „Building Information Models“ (BIM) ermöglicht eine weitere Vernetzung der einzelnen Planungsdisziplinen. In einem BIM werden neben den architektonischen Geometriedaten, die haustechnischen Eigenschaften, alle weiteren relevanten Informationen in einem Modell zusammengefasst. Dem verbreiteten Einsatz von BIMs wird in (KNIGHT, 2010) große Bedeutung beigemessen, jedoch ist die Anwendung solcher Konzepte nur gering verbreitet (SHEN, 2010).

ZIELE

Unter Berücksichtigung der im vorigen Abschnitt skizzierten Problemstellung wird ein Tool entwickelt, welches zur Bewertung unterschiedlicher Gebäude- und Anlagenkonzepte dienen und zu diesem Behufe die folgenden Eigenschaften aufweisen soll:

- Die Bewertung der untersuchten Konzepte erfolgt auf Basis dynamischer thermischer Simulation über den Zeitraum eines Jahres. Die Eingabe der modellrelevanten Daten (Geometrie, Bauphysik, Nutzung, HLK-System) soll mit geringem Aufwand durch den Benutzer möglich sein.
- Die Simulationen sollen Gebäude, HLK-System und Regelung in einem Modell berücksichtigen.
- Die Ergebnisse der Simulationen zum thermischen und energetischen Verhalten werden mittels vergleichender Analyse bewertet.
- Zur Ergänzung fehlender Daten in frühen Planungsphasen und zur einfacheren Handhabung sind Standarddatensätze verfügbar (Bauteile, Materialien, Verglasungen, Nutzungsprofile usw.)
- Neben oft realisierten HLK-Standardkonzepten, sind auch innovative Konzepte in der Datenbank vorkonfiguriert verfügbar.
- Das erstellte Modell kann im Projektverlauf weiterentwickelt und an den aktuellen Planungsstand angepasst werden.

BESCHREIBUNG DES QUEEN TOOLS

Das Tool QUEEN ermöglicht bereits in einem sehr frühen Stadium der Projektbearbeitung eine rasche Erfassung und Modellierung eines Gebäudes inkl. HLK-System mit dem Ziel einer thermischen und energetischen Analyse unterschiedlicher Gebäude- und HLK Konzepte auf Basis dynamischer thermischer Simulationen. Ein in QUEEN erstelltes Projekt gliedert sich in unterschiedliche Konzepte: Ein Basiskonzept und eventuell ein oder mehrere innovative Konzepte, welche aus dem Basiskonzept durch Berücksichtigung möglicher energetischer Verbesserungen abgeleitet werden. Jedes Konzept enthält zumindest folgende Daten, welche die Grundlage des BIM bilden:

- 3D Geometrie
- Bauphysik
- Nutzungsprofile
- Infiltration
- Wetter (stündliche Werte)
- HLK System
- Simulationsparameter

Basiskonzept

Hervorzuheben ist das Basiskonzept, welches eine Abbildung des derzeitigen Planungsstandes des Bauvorhabens darstellt. Für das Basiskonzept werden dem Benutzer vorkonfigurierte Standard-HLK Systeme vorgeschlagen aus denen das passende ausgewählt wird: Gas- oder Ölkessel, Fernwärme, Kompressionskältemaschine, Fan Coil, Radiator und Betonkernaktivierung.

Innovative Konzepte

Ausgehend vom Basiskonzept werden dem Benutzer dann weitere Konzepte zur Steigerung der Energieeffizienz im Bereich Gebäudehülle und HLK vorgeschlagen. Diese innovativen Konzepte umfassen einerseits Maßnahmen im Bereich der

Gebäudehülle wie z.B.: Verschattung innen/außen, erhöhte Dämmstärke, Variation der thermischen Schwere der Wandaufbauten oder der thermischen und optischen Eigenschaften der Verglasung. Darüber hinaus werden auch Vorschläge für die Gestaltung der HLK-Systeme erstellt, z.B. Wärmepumpe, Absorptionskälte, Nachtlüftung.

Technologiematrix

Die Vorauswahl, welche Konzepte und Technologie-Kombinationen sinnvoll erscheinen, erfolgt auf Basis einer Reihung hinsichtlich Energieeffizienz. Diese Informationen, wie auch Kriterien für den Ausschluss unmöglicher Kombinationen, sind in der Technologiematrix (TM) enthalten und führen zu einem Vorschlag verschiedener Maßnahmen, aus denen der Benutzer auswählt. Die TM ist editierbar und kann gegebenenfalls aktualisiert werden.

Group		1					2		3		4		5						
Subgroup		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1						1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2						1	1	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
	3						1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	4						1	1	3	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
	5						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	6								1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
	7								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	8										1	1	1	1	1	1	1	0	1
	9										1	1	1	1	0	0	1	1	1
4	10												1	1	1	1	1	1	1
	11												1	1	1	1	1	1	1
5	12																		
	13																		
	14																		
	15																		
	16																		
	17																		
	18																		

Abbildung 1: Technologiematrix

Abbildung 1 zeigt schematisch den Aufbau der Matrix: Die obere horizontale und die linke vertikale Achse sind ident und enthalten die Informationen welche innovativen Technologien in QUEEN verfügbar sind. Diese werden in der TM als Untergruppen abgebildet und in Gruppen zusammengefasst. So bilden beispielsweise die Technologien Fußbodenheizung, Konvektor und Gasdunkelstrahler die Gruppe der raumseitigen Heizungssysteme. Die Matrix besteht aus 19 Gruppen, wobei die ersten fünf Gruppen das Projekt beschreiben und vom Benutzer definiert werden. Hier werden u.a. Eigenschaften wie Gebäudetyp (Wohnung, Hotel, Büro, Lagerhalle oder Einkaufszentrum), Art der Klimatisierung oder Glasanteil der Fassade definiert. Jedes Feld der Matrix ist durch seine Koordinaten ausgedrückt, in Untergruppen definiert, und enthält einen ganzzahligen Wert zwischen null und sechs. Eine Null repräsentiert eine unmögliche Kombination, die weiteren Zahlenwerte deuten auf eine mögliche (1 Punkt) bis zu einer sehr empfehlenswerten (6 Punkte) Kombination hin. Generell werden passive Maßnahmen (1, 4, 6 Punkte) an der Gebäudehülle, die der Steigerung der Energieeffizienz dienen, höher bewertet als aktive Maßnahmen (1, 2, 3 Punkte) am HLK System. Nach der Identifikation und dem Ausschluss unmöglicher Kombinationen, wie z.B. „Doppelboden“ und „Fußbodenheizung“, wurden im Rahmen mehrerer Workshops basierend auf Literaturrecherchen und Ergebnissen früherer Projekte die Wertungen der Kombinationen festgelegt. Mit Hilfe eines Bewertungsalgorithmus werden alle möglichen Pfade durch die Gruppen und Untergruppen auf ihre Gültigkeit hin untersucht. Die gültigen Kombinationen werden anhand der enthaltenen Punkte gereiht. Aus diesen gültigen Kombinationen werden vom Benutzer Systemkombinationen ausgewählt, welche mittels Simulation weiter untersucht werden. Die Informationen der TM dienen somit der Vorauswahl, die tatsächliche Evaluierung der untersuchten Konzepte hinsichtlich des energetischen und thermischen Verhaltens erfolgt dann durch die dynamische thermische Simulation. Für die Analyse der generierten Ergebnisse stehen unterschiedliche Auswertemöglichkeiten zur Verfügung.

Das vorgestellte Tool ist als Client-Server Applikation entwickelt. Die Erstellung der Geometrie, die Definition des Projektes und die Steuerung des QUEEN Tools geschieht lokal auf dem Benutzer-PC. Durch einen implementierten Wizard werden die Projektdaten in ein Datenbanksystem importiert, welches auf einem zentralen Webserver abgelegt und gesichert ist. Dies hat den Vorteil, dass mehrere Benutzer unabhängig von ihrem Standort an einem oder mehreren Projekten am zentralen Server gemeinsam arbeiten können. Die Bearbeitung eines Projektes ist durch ein Passwort geschützt, Zugriffskonflikte werden von QUEEN gemeldet.

ABLAUF PROJEKTBEARBEITUNG

Erstellen der Gebäudegeometrie

Um eine dynamisch thermische Gebäudesimulation durchzuführen wird ein geometrisches Modell benötigt welches die zu betrachtenden Zonen sowie Verschattungsflächen definiert. Die Erstellung der Geometrie und die Definition der thermischen Zonen findet mit dem Programm Google SketchUp (GOOGLE, 2008) statt. Ein Plugin ermöglicht den Import der geometrischen Daten in das Simulationsprogramm EnergyPlus (ENERGYPLUS, 2008; CRAWLEY, 2005), ein weit verbreitetes, und validiertes Gebäudesimulationswerkzeug (HENNINGER, 2004). Jeder gezeichneten Fläche einer Zone werden eine Konstruktion und eine Randbedingung zugewiesen. Durch Speichern der Datei werden alle für die weitere Bearbeitung erforderlichen Daten des geometrischen Modells in einer Datei mit der Endung IDF abgelegt. Diese Datei wird anschließend in das Datenbanksystem importiert.

Import in Projektdatenbank

Ein Hauptbestandteil des QUEEN-Tools ist die Expertendatenbank in der alle projektrelevanten Daten abgelegt werden. Die Datenbank beinhaltet umfangreiche Datensätze von verschiedenen für die Simulation erforderlichen Inputs. Daten für Konstruktionen, Materialien, interne Lasten sowie Zeit- und Verfügbarkeitsprofile wurden aus den Datenbanken NCM, ASHRAE, bzw. Normen des VDI übernommen. Das im vorigen erstellte Modell wird mit Hilfe eines Wizards in die Datenbank importiert und als neues Projekt angelegt. Nach Auswahl der IDF-Datei und Angabe eines Projektnamens bzw. Projektbearbeiters werden die Solltemperaturen für den Betrieb der Heiz- und Kühlsysteme, interne thermische Lasten, sowie ein Standard HLK ausgewählt. Das Gebäude kann nach erfolgtem Import bereits mit dem ausgewählten HLK System simuliert werden um eine erste Aussage über den Energiebedarf zu treffen. Im nächsten Bearbeitungsschritt werden ausgehend vom Standardsystem und ausgewählten Prioritäten innovative HLK Konzepte erstellt und verglichen.

Simulation/Ergebnisauswertung

In den vorangegangenen Schritten wurden alle erforderlichen Daten für eine dynamische thermische Simulation definiert und innovative HLK-Konzepte erstellt welche verglichen werden sollen. Ein entscheidender Teil des QUEEN Tools ist die Bestimmung des Energiebedarfs der einzelnen Konzepte anhand einer dynamischen thermischen Simulation. Es kann somit die rasche Eingabe eines Projektes bereits in der Planungsphase mit einer detaillierten Simulation gekoppelt werden um fundierte Aussagen über das thermische Verhalten des Projektes zu treffen. Die Daten werden an das Simulationstool EnergyPlus exportiert und auf dem Webserver simuliert. Der Benutzer bekommt Rückmeldungen über den Verlauf der Simulation und eine Zusammenfassung nach Beendigung. Die Ergebnisse der Simulationen werden daraufhin wieder in die Datenbank importiert und den Projekten zugewiesen.

Das QUEEN Tool enthält auch einige Möglichkeiten zur Auswertung der Ergebnisse.

Es wird ein Bericht ausgegeben in dem alle relevanten Energiekennzahlen zusammengefast sind. Weiters können in einem Charting-Tool die stündlichen Verläufe vieler Ausgabeparameter wie der Raumtemperaturen oder der Leistungen analysiert werden. Zum energetischen Vergleich der einzelnen HLK-Konzepte ist ein Benchmarking-Tool inkludiert welches den Jahresenergiebedarf der Konzepte vergleicht.

BEISPIELE

Die zuvor beschriebene Arbeitsweise des QUEEN-Tools soll im Folgenden an einem Beispiel verdeutlicht werden. Das Geometriemodell stellt ein zweigeschossiges Wohnhaus mit rund 410 m² Grundfläche dar und beinhaltet insgesamt sieben thermische Zonen. Abbildung 2 zeigt das Modell in der Darstellungsweise von Google SketchUp.

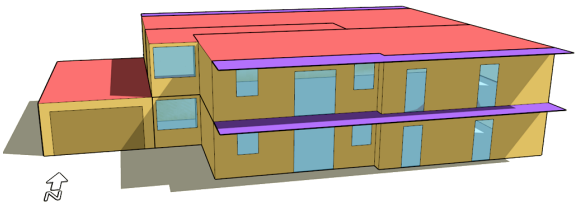

Abbildung 2: Gebäudemodell

Der Detaillierungsgrad des Modells entspricht typischerweise dem Planungsstand in der (Vor)Entwurfsphase. An der südlich orientierten Fassade sind Verschattungselemente angebracht, welche der Vermeidung sommerlicher Überhitzung dienen. Ziel ist es zunächst, unterschiedliche Lüftungskonzepte und deren Auswirkung auf den Innenraumkomfort während der Sommerperiode zu untersuchen. Mit Hilfe des zuvor erwähnten Import-Wizards wird das Geometriemodell in das QUEEN-Tool importiert. Schrittweise werden im Import-Wizard alle benötigten Details (Standort, Konstruktionen, etc.) ausgewählt. Zu erwähnen ist, dass alle definierten HLK-Systeme sowie Heiz- und Kühlsolltemperaturen für alle Zonen gültig sind. Für das vorgestellte Beispiel hat das zur Folge, dass auch die westseitig angegliederte Garage mit der definierten HLK-Technik klimatisiert wird, was bei der Auswertung der Simulationsergebnisse zu berücksichtigen ist.

Nach Auswahl der Projektdetails und Erstellung des Basisprojektes in der Datenbank, wird die Prioritätenliste zur Erstellung der innovativen Konzepte bearbeitet. In der Prioritätenliste werden nun jene Felder für die Erstellung innovativer Konzepte aktiviert, welche in Bezug auf die gewünschten Lüftungskonzepte des Wohnhauses relevant sind. Zur Auswahl stehen hier zwei verschiedene Ansätze: Zum einen eine Fensterlüftung, bei welcher die Außenluft nach variablen Zeitprofilen und Luftwechselraten in die Zonen eingebracht wird. Zum anderen die Außenluftkühlung, welche in Abhängigkeit einer einstellbaren Temperaturdifferenz von Raumlufttemperatur zu Außentemperatur einen bestimmten Luftwechsel bereitstellt. Technologien oder passive Maßnahmen die nun nicht in den verschiedenen Konzepten variiert werden sollen, wie beispielsweise Technologien zur Kühlung des Gebäudes oder eine Erhöhung der Dämmstärke, können in der Liste deaktiviert werden.

Die zwei Konzepte werden anschließend automatisch generiert. Zuvor zugewiesene Konstruktionen und Zeitprofile interner Lasten werden beibehalten um die Vergleichbarkeit der Konzepte zu gewährleisten. Im nächsten Schritt können die neu angelegten Konzepte bereits simuliert und nachfolgend die Simulationsergebnisse mit dem Charting-Tool ausgewertet werden. Abbildung 3 zeigt beispielhaft einen Screenshot der Visualisierung.

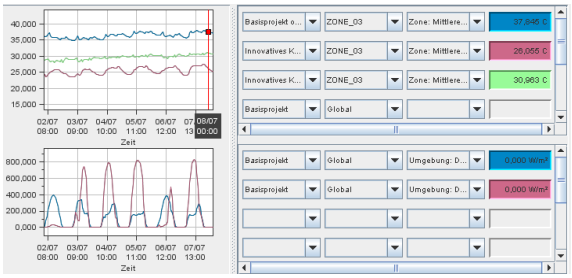

Abbildung 3: Charting-Tool

Das Charting-Tool und das zuvor beschriebene Benchmarking-Tool der QUEEN-Software bieten leistungsstarke Werkzeuge zur schnellen Analyse von generierten Konzepten mit unterschiedlicher Haustechnik und Gebäudehülle. Darüber hinaus lassen sich die gewonnenen Ergebnisse auch als Textdatei (Format CSV) exportieren und ermöglichen somit die weitergehende Auswertung in anderen Softwaretools wie Excel oder Matlab.

Da die Visualisierung des Charting-Tools zu umfangreich ist um sie in diesem Rahmen ausreichend darzustellen, sind die exportierten Simulationsergebnisse nochmals in Abbildung 4 abgebildet. Zu sehen ist die Raumtemperatur der südlich orientierten Zone im Dachgeschoss für die zwei unterschiedlichen Lüftungskonzepte. Weiters ist der Verlauf der stündlichen Werte für die Solarstrahlung, Außentemperatur (Standort Wien) und für einen zusätzlichen Vergleich die Raumtemperatur für ein Konzept ohne aktive Lüftung (nur Infiltration) aufgezeigt. In der dargestellten Woche im Juli wird hier nur beim Konzept mit Außenluftkühlung die Komfortgrenze von 26 °C dauerhaft eingehalten.

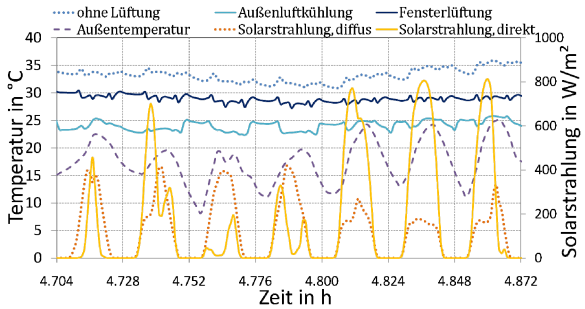

Abbildung 4: Simulationsergebnisse

Neben der Möglichkeit innovative Konzepte mit Hilfe der Prioritätenliste zu generieren ist es zudem möglich das zu Beginn erstellte Basisprojekt zu kopieren um in der Kopie manuelle Änderungen durchzuführen. So können beispielsweise Konstruktionen wie Wände und Fenster in ihrem Schichtaufbau und physikalischen Eigenschaften angepasst und die Auswirkung der Änderung in den Simulationsergebnissen untersucht werden. Aufbauend auf dem vorab gezeigten Beispiel soll die Möglichkeit der manuellen Anpassung im weiteren Verlauf verdeutlicht werden. Ziel ist der Vergleich des Heizbedarfs zweier Konzepte, wenn den im Geometriemodell definierten Fenstern unterschiedliche Konstruktionen zugeordnet werden.

Ziel ist der exemplarische Vergleich des Heizbedarfs zweier Konzepte bei der Annahme unterschiedlicher thermischer Qualität der eingesetzten Fenster. Das bereits erstellte Basisprojekt wird zu diesem Zweck kopiert. Im Basisprojekt wurde zuvor ein Fenster mit Doppelverglasung und einem U-Wert von 1,6 W/m²K definiert. Das verwendete Fenster wird durch ein in der Datenbank enthaltenes Fenster mit Dreifachverglasung und einem U-Wert von 0,4 W/m²K ersetzt. Die Simulationsergebnisse beider Konzepte sind in Abbildung 5 dargestellt. Das Diagramm zeigt den monatlichen Heizbedarf in kWh für die nördlich orientierte Zone im Dachgeschoss und zeigt deutlich das Einsparpotenzial an Heizenergie aufgrund der verwendeten Verglasung.

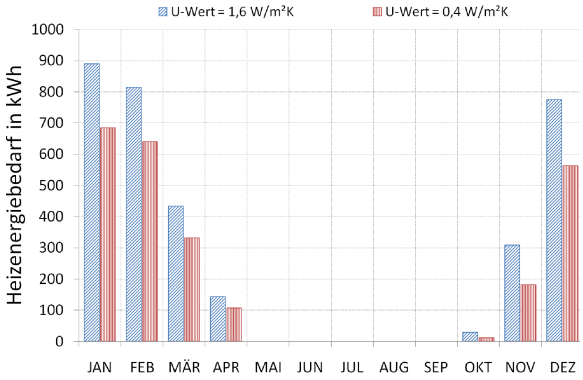

Abbildung 5: Monatlicher Heizenergiebedarf

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Das Softwaretool QUEEN ist im Planungsprozess bereits ab dem Vorentwurf zur vergleichenden und abschätzenden Bewertung der implementierten aktiven und passiven Gebäudetechnologien einsetzbar.

Die Anpassung des Gebäude- und Anlagenmodells an die im Projektverlauf in ihrem Detaillierungsgrad variierende Datengrundlage ist in den Bereichen Aufbauten, variable Verschattungselemente, wie auch Design und Parametrisierung des untersuchten HLK-Systems möglich. Anpassungen der Gebäudegeometrie können nur durch Erstellung eines neuen Projektes berücksichtigt werden. Eine zonen-

individuelle Definition der innovativen Konzepte ist nicht möglich. Dies kann bei realen Bauvorhaben eine Einschränkung bedeuten, welche auf Kosten eines höheren Arbeitsaufwandes in der Ergebnisauswertung teilweise behoben werden kann.

Generell erhöht sich mit steigendem Detaillierungsgrad des Modells der Aufwand für die Eingabe der nötigen Daten.

Im Zuge der automatisierten Erstellung der HLK-Konzepte wird die interne EnergyPlus-Routine zur Dimensionierung der Anlagen benutzt. Die Notwendigkeit eines zusätzlichen Heiz- oder Kühlsystems wird hierbei nicht berücksichtigt. So kann es bei manchen HLK-Konzepten, z.B. beim Einsatz von Flächenheiz-, oder kühlsystemen in hohen Räumen zu einem Nichteinhalten der geforderten Temperatursollwerte im Raum kommen.

Die implementierte Datenbank ermöglicht bereits in einem frühen Planungsstadium mit geringem Aufwand die Ergänzung fehlender Daten durch auf normativen Werken basierende Standardwerte. Die Referenzierbarkeit der in der Datenbank enthalten Daten, wie auch die Möglichkeit der Erweiterung derselben stellen für den Nutzer wichtige Leistungsmerkmale des Tools dar.

Die Datenauswertung mittels Report, Charting und Benchmarking wird durch die Möglichkeit, die Ergebnisse in Textformat zur weiteren Bearbeitung zu exportieren, sinnvoll ergänzt.

AUSBLICK

Innovative, energieeffiziente Gebäudetechnologien können aufgrund des komplexen Planungsprozess nur sehr schwierig in den Markt eindringen. Das präsentierte Softwaretool QUEEN kann während einer sehr frühen Phase des Planungsprozesses eingesetzt werden um diese Problematik zu mindern. Die beschriebenen Limitierungen führen zu einigen Verbesserungen durch die das Tool in dem beschriebenen Umfeld leistungsfähiger verwendet werden kann.

Die erstellte Technologiematrix, in der die Gewichtungen der Systemkombinationen hinterlegt sind, ist nicht als eindimensionales Modell darzustellen, da viele weitere Parameter Einfluss auf die Effizienzbewertung nehmen. Eine Weiterentwicklung sollte jedenfalls in diesen Teil des Tools fließen, um die automatisierte Generierung von alternativen HLK-Systemvarianten zu optimieren.

Wie bereits mehrmals erwähnt stellen die Kosten im Planungs- bzw. Bauprozess einen sehr wichtigen Faktor dar. Da das Gebäudemodell in QUEEN mit sehr vielen spezifischen Daten, die auch mit Kosten verknüpfbar sind, versorgt ist, könnte eine weitere Funktion auch die Abschätzung von Kosten sein.

Um den hohen Detaillierungsgrad der Gebäudemodelle in QUEEN noch umfangreicher auszunutzen, könnte QUEEN auch dahingehend erweitert werden, nicht nur rasche Abschätzungen im Bereich Energieeffizienz durchzuführen, sondern auch Optimierungsaufgaben für den Betrieb der Gebäude zu lösen.

DANKSAGUNG

Das Projekt QUEEN wurde initiiert und aktiv unterstützt von STRABAG SE AG.

LITERATUR

ASHRAE, ASHRAE Handbook of Fundamentals, 2009

R. Brahme et al., Complex Building performance analysis in early stages of design: A solution based on differential modeling, homology-based mapping and generative design agents, 7th International IBPSA conference, Rio de Janeiro, Brazil, August 13th -15th, 2001.

Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsolenten (BAIK), Honorarordnung für Architekten, 2002.

D. Crawley, J. Hand, M. Kummert, B. Grifith, Contrasting the Capabilities of Building Energy Performance Simulation Programs, U.S Department of Energy; Univ. of Strathclyde, Glasgow, Scotland; Univ. of Wisconsin, Madison; National Renewable Energy Laboratory; 2005.

EU Parlament, Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden

European Commission (EC), EU Energy and Transport in figures, Statistical Pocketbook, 2009

R. Henninger, M. Witte, D. Crawley, Analytical and comparative testing of EnergyPlus using IEA HVAC BESTEST E100-E200 test suite, Energy and Buildings, Issue 36, pp.855-863, 2004.

D. Knight et al., Using BIM in HVAC Design, ASHRAE Journal, June 2010.

W. Shen et al., Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction and facility management: A review, Advanced Engineering Informatics, Issue 24, pp. 196-207, 2010.

Internet

EnergyPlus V2.2, http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/openstudio.cfm; Zugriff 04.09.2008

Google SketchUp, http://sketchup.google.com/intl/de/; Zugriff 04.09.2008

NCM Database, http://www.ncm.bre.co.uk/; Zugriff: 25.11.20