



DK-Solar/Architekten Gautschi-Storrer

Bei Gebäuden mit viel Glas und besonderen Anforderungen an das thermische Raumklima – wie hier bei der Masoalshalle in Zürich – ist eine vorherige Simulation empfehlenswert.

Virtuell behaglich

Gebäudesimulationen steigern den Komfort und senken die betriebswirtschaftlichen Kosten

Damit Gebäude so geplant werden können, dass sie ihren Bewohnern ein behagliches Umfeld bieten, gibt es rechnergestützte Simulationsprogramme. Sie helfen den Planern, thermische, energetische, Lüftungs-, Licht- und schalltechnische Eigenschaften und die Kosten individuell zu optimieren. Der folgende Artikel beschreibt ihre Möglichkeiten, nennt die Anbieter und erklärt ihre Lösungsansätze.

Marian Behaneck

Sind Wohnräume für die Bewohner zu kühl, dreht man einfach die Heizung weiter auf. Werden sie jedoch im Sommer zu heiß, ohne dass eine Klimaanlage vorhanden ist, dann hat man ein Problem. Insbesondere beim nachträglichen Dachausbau wird durch die solaren Wärmegewinne der Dachflächenfenster mehr Wärme in den Raum transportiert als Speicherkapazität vorhanden oder durch Lüftung wieder abgeführt werden kann.

Diesen einfachsten Fall lösen die Planer mit Hilfe von Erfahrungswerten – er verdeutlicht aber auch die Notwendigkeit, thermisch relevante Entscheidungen frühzeitig

in die Planung mit einzubeziehen. Dabei helfen Gebäudesimulationsprogramme, deren Ziel es ist, dieses und andere Problembereiche zeitig zu erkennen und die zu erwartenden physikalischen Werte für eine bestimmte Raum- oder Gebäudesituation zu berechnen. Insbesondere bei Bauten mit viel Glas, bei Objekten mit besonderen Anforderungen an das thermische Raumklima wie Galerien, Museen oder Bürogebäude ist eine vorherige Simulation empfehlenswert, wenn zudem weitere „Risikofaktoren“, wie leichte Bauweise oder hohe interne Wärmegewinne etc. vorliegen. Mit Hilfe von Gebäudesimulationen hat der Planer die Möglichkeit, entsprechend gegenzusteuern.

Die Gebäudesimulation kann nicht nur die Behaglichkeit steigern, sondern auch die Betriebskosten senken. Die Betriebskosten eines Gebäudes verursachen, über den gesamten Lebenszyklus betrachtet, deutlich höhere Kosten als dessen Errichtung. Maßgeblicher Faktor bei den Betriebskosten sind laufende Ausgaben für Strom, Heizung und Lüftung. Energieoptimierte Gebäudehüllen und intelligente Haustechnik können demnach ganz wesentlich die späteren Betriebskosten bestimmen. Möglichkeiten und Grenzen der Bau- und Haustechnik bei der Einsparung von Gebäude-Betriebskosten auszuloten, ist ein weiteres Ziel der Gebäudesimulationstechnik – eine Disziplin, die sich in mehrere Bereiche (siehe Kasten) aufteilt, und die hierzulande – zumindest im Vergleich zu Skandinavien – noch in den Kinderschuhen steckt.

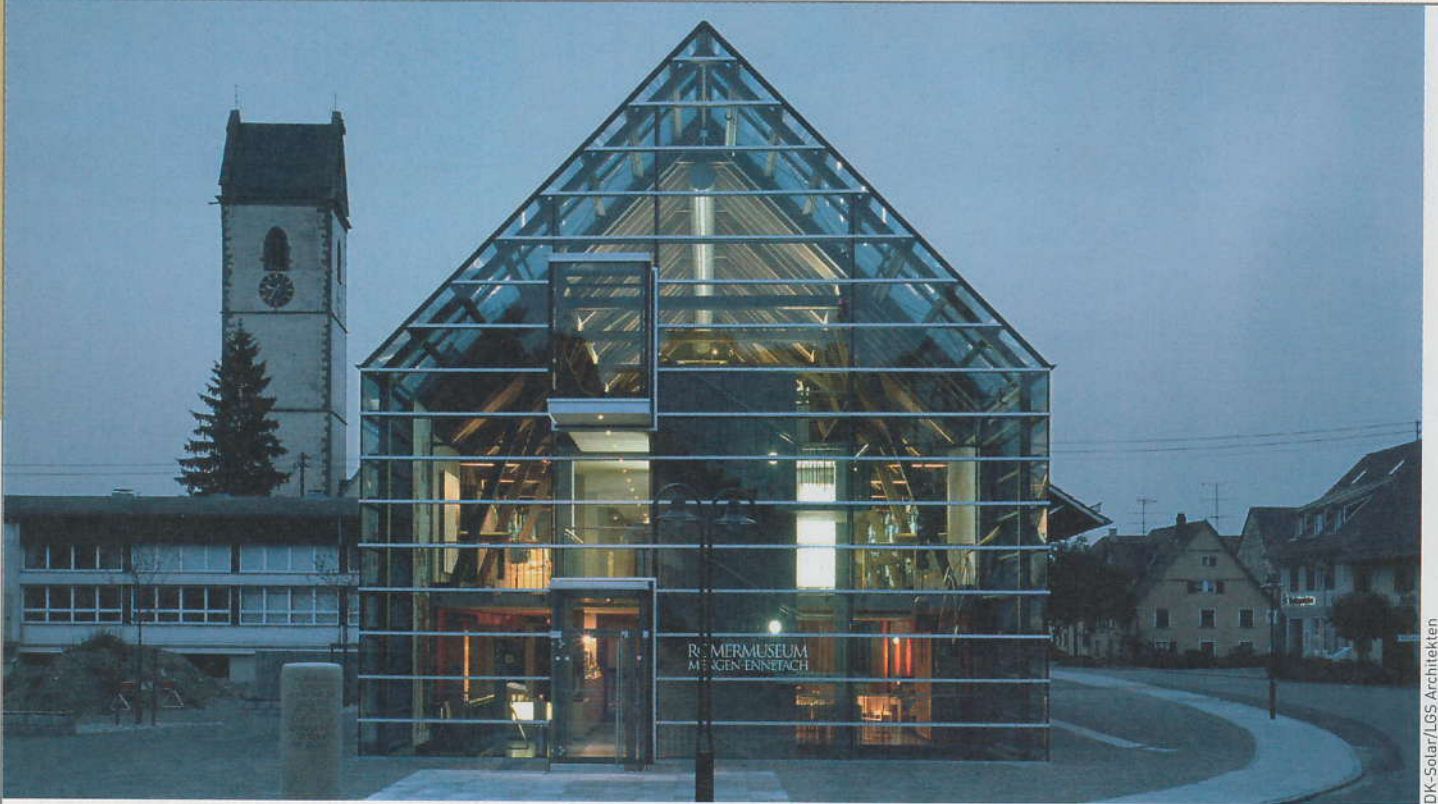
Wozu Gebäude „simulieren“?

Bei der Planung von energieeffizienten Gebäuden mit hohem Anspruch an den Wohnkomfort stoßen die Ingenieure wegen der Komplexität der Zusammenhänge häufig auf Probleme, die mit herkömmlichen Planungshilfsmitteln nicht zu lösen sind. So wird bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs nur ein ungefährender Richtwert ermittelt, und bei der Festlegung von Heizanlagenkapazitäten werden Werte für interne und solare Wärmegewinne oft mit hohen Sicherheitsbeiwerten berechnet.

Dies führt meist zur Überdimensionierung von Heiz- und Lüftungstechnischen Anlagen und zu unnötigem Energieverbrauch. Dynamische Gebäudesimulationsprogramme bieten wesentlich detailliertere Untersuchungsmöglichkeiten. Sie bilden bestimmte Eigenschaften eines tatsächlichen oder gedachten Systems mit Hilfe eines physikalischen Modells so exakt wie möglich nach. Dabei wird kein Aspekt gesondert betrachtet, sondern alle relevanten Gesichtspunkte wie Heizung, Kühlung, Anlagenkapazität sowie thermische Komfortbedingungen werden in die Analyse mit einbezogen.

Wann einsetzen?

Zwar liefert die Gebäudesimulation auch in einem fortgeschrittenen Planungsstadium wertvolle Erkenntnisse. Dabei erkannte Probleme lassen sich jedoch meist nur mit zusätzlicher Haustechnik lösen. Je früher Software zur Gebäudesimulation im Planungsprozess ansetzt, desto effizienter können Erkenntnisse im Gebäudeentwurf berücksichtigt werden und desto besser lässt sich die Raumbeziehungsweise Gebäudeform optimieren. Dass sich ein Einsatz bei einfachen Standardobjekten nicht



DK-Solar/LOS Architekten

Gebäudesimulationen steigern den Nutzungskomfort, sparen Energie und verhindern Bauschäden – wie hier im Römermuseum in Mengen.

lohnt, ist naheliegend. Hier reichen Erfahrungswerte völlig aus. Je größer ein Gebäude oder je ungewöhnlicher die Gebäudeform oder Nutzungsart ist, desto komplexer sind meist auch dessen energetischen, Lüftungs-, Licht- und schalltechnischen Eigenschaften.

Je komplexer aber die Eigenschaften, desto größer sind die Einsparmöglichkeiten für entsprechende Optimierungen. Man kann also sagen, dass die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Gebäudesimulations-Verfahren mit der Größe und Komplexität des Gebäudes wächst.

Thermische Gebäudesimulation

Basis einer Simulation ist ein digitales Gebäudemodell, das die bauphysikalischen Ei-

genschaften aller Bauteile präzise beschreibt. Ein thermisches Simulationsmodell enthält beispielsweise alle Informationen über thermische und optische Eigenschaften der verwendeten Baustoffe, eine Definition der Wand- und Deckenaufbauten, Nutzungsprofile zur Bestimmung von internen Wärmegehalten und Luftwechsell im Gebäude sowie stündliche Klimadaten.

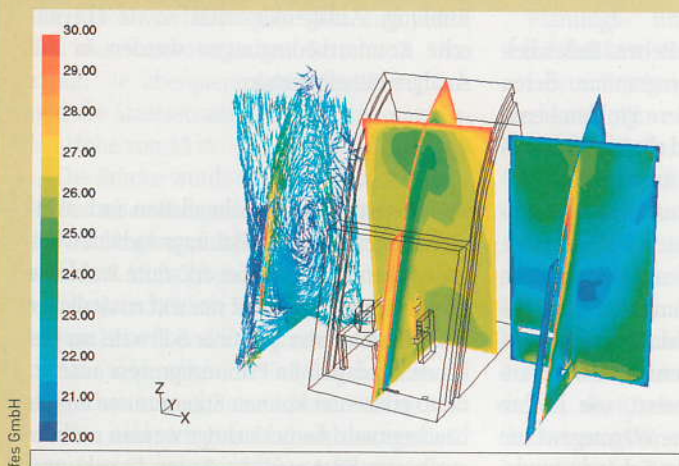
Neben den Bauteilen muss die Geometrie des untersuchten Raumes oder Gebäudes bekannt sein, wobei man diese neu eingeben oder auf vorhandene CAD-Daten zurückgreifen kann. Danach ordnet man den Oberflächen die entsprechenden Wand- und Deckenaufbauten sowie den Räumen ihre Benutzerprofile zu. Optional werden Heiz-, Kühl- und Lüftungsanlagen des Gebäudes definiert. Ferner können zur Überwachung

unterschiedlicher Gebäudekomponenten Kontrollfunktionen in das Modell integriert werden, so etwa die Regulation der Haustechnik oder die Steuerung von Verschattung bzw. Lüftung.

Ergebnisse und Möglichkeiten

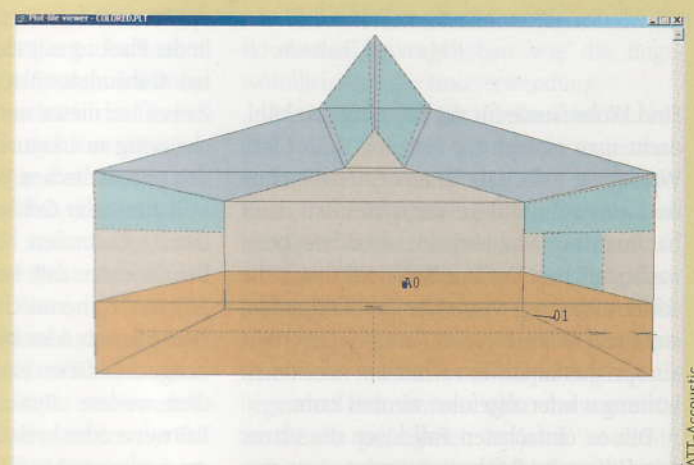
Ergebnisse einer thermischen Simulationsberechnung können die Ermittlung des Heiz- und Kühlenergieverbrauchs eines Gebäudes oder die Dimensionierung haustechnischer Anlagen sein. Auch weitere Fragestellungen wie Kondensationsrisiko oder Überhitzung lassen sich klären, ebenso wie komplexere Sachverhalte untersuchen. Einige Beispiele:

- Moderne Verwaltungsgebäude erhalten immer häufiger verglaste Atrien. Mit thermischer Simulationssoftware lässt sich er-



ifes GmbH

Behaglichkeitstest: mit der Strömungssimulation wird unter anderem die räumliche Verteilung der Raumlufttemperatur ermittelt



Analyse der Raumakustik von Gebäuden mit Hilfe der akustischen Simulation

CATT-Acoustic



ifes GmbH

Neben der Beleuchtungsstärke oder Leuchtdichte berücksichtigt die Lichtsimulation auch ergonomische, gestalterische und emotionale Gesichtspunkte

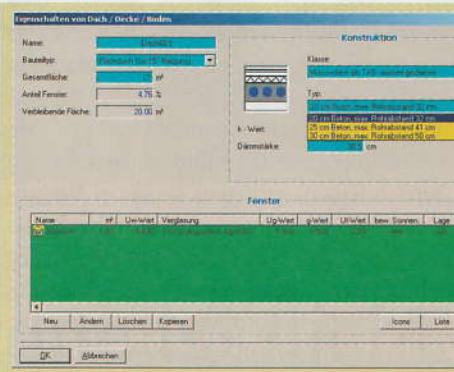
mitteln, wie viel Heizenergie das Gebäude im Winter dadurch einspart, aber auch, ob es im Sommer Probleme durch Überhitzung gibt.

- Galerien und Museen stellen hohe Anforderungen an die Kontrolle von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Die kombinierte Simulation von Gebäude und Haustechnik ermöglicht die Untersuchung verschiedener Möglichkeiten für die Klimatisierung des Gebäudes.
- Bei speziellen Glassystemen oder Sonnenschutzelementen lassen sich Einflüsse auf Energieverbrauch und Wohnkomfort untersuchen – etwa beim Einsatz von beschichteten Wärmeisoliergläsern, Sonnenschutzgläsern oder neuartigen Verschattungselementen.
- Bei passiven Heiz- oder Kühltechniken, die mit keinem oder nur mit geringem Energieaufwand ein Maximum an Nutzen erbringen sollen, wird mit Hilfe der Simulationstechnik eine optimale Planung und Quantifizierung der Energieeinsparung möglich.

Die Vorteile der dynamischen Simulation

Die Berechnung der Heiz- und Kühllast eines Gebäudes nach der Standardmethode wird derzeit nur für einen Norm-Auslegungstag durchgeführt. Die Heizlast wird nach DIN 4701 und die Kühllast nach VDI 2078 berechnet. Eine dynamische Simulation berechnet für jede Stunde des Jahres die gewünschten Werte. Somit können insbesondere die thermische Trägheit, die Lastprofile der Heiz- und Kühllast, der Luftaustausch zwischen Räumen oder der Einfluss von Steuerungen (z.B. für Verschattungssysteme) und vieles mehr berücksichtigt werden. Die maximale Kühllast fällt somit in den meisten

Fällen kleiner aus, als eine Berechnung nach VDI 2078 ergibt. Dies verkleinert die Kälte-



Jeder Gebäudesimulation geht eine Definitionsphase voraus: Definition von Gebäudebauteilen ...

maschine und Lüftungskanäle und verringert die elektrische Anschlussleistung. Die Vorteile liegen auf der Hand: es werden Kosten und auch Platz gespart, was zu einer optimierten Dimensionierung der Anlagentechnik beiträgt.

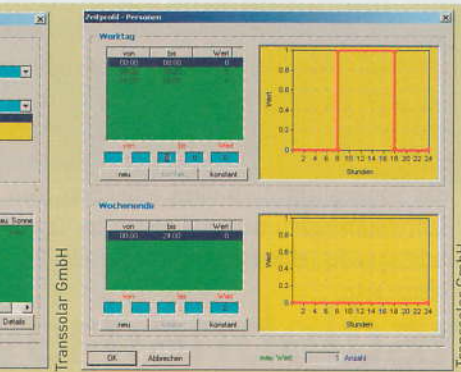
Ferner lassen sich die Auswirkungen von besonderen Energiespartechniken darstellen. Dies ist auch im Hinblick auf die energiesparende Bauweise von Gebäuden wichtig. So können z.B. Heizflächen oder Wärmeerzeuger für Niedertemperaturheizsysteme genauer dimensioniert werden. Zusammenfassend kann man die Vorteile der thermischen Simulation wie folgt angeben:

- Erkennen und Gegensteuern bei Überhitzungsproblemen,
- Schaffung eines behaglichen Raumklimas,
- Optimierung der Gebäudekonzeption,
- Optimierung der Bauteile (Baustoffe, Isolierung, Fenster, Sonnenschutz etc.),
- Variantenbildung mit Bewertungshilfe,
- Optimale Anlagendimensionierung verringert den Platzbedarf,
- Verringerung der „Angstzuschläge“ senkt Investitionskosten,

- Reduzierung der Betriebskosten z.B. für Heizung, Kühlung, Strom,
- Ermittlung der Jahresheiz-/Kühlenergie,
- Sicherheit für den Einsatz moderner Energietechniken.

Integrierte Gebäudesimulation

Damit Gebäude im Sommer nicht zu heiß, im Winter nicht zu kalt, bei Sonnenschein nicht zu hell, bei Klimalüftung nicht zu zugig und im Großraumbüro nicht zu laut sind, müssen bei der Planung verschiedene Faktoren berücksichtigt werden. Zwar gibt es Simulationsprogramme, die die Gebäudethermik, die Luftströmungen, das Schallverhalten oder auch die Lichtverhältnisse simulieren können. Ziel dieser Programme ist jedoch stets die Optimierung des jeweiligen separaten Bereichs. Eine ganzheitliche Betrachtung aller Faktoren ist nur mit ganzheitlichen Software-Lösungen möglich, denn



... und Nutzungsprofilen

in der Praxis treten häufig mehrere, einander wechselseitig beeinflussende Störfaktoren

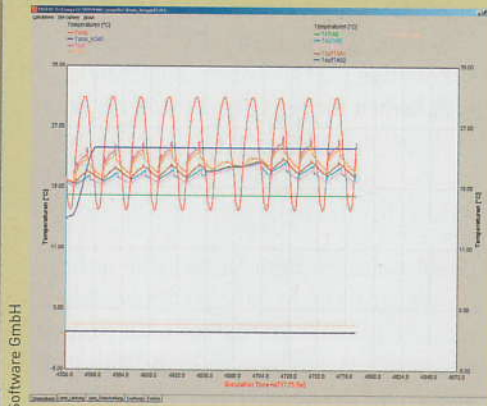
Programme, Adressen und eine E-Mail-Vorlage

Das Deutsche Ingenieurblatt unterstützt Sie bei Ihrer Online-Recherche: Alle nachfolgend aufgeführten Programm-Anbieter finden Sie inklusive Anschrift, Telefon, Fax und E-Mail sowie einer Vorlage für Ihre Produktanfrage unter www.deutsches-ingenieurblatt.de → **DIB-WebInfo** → **Suchwort: Simulationsprogramme**

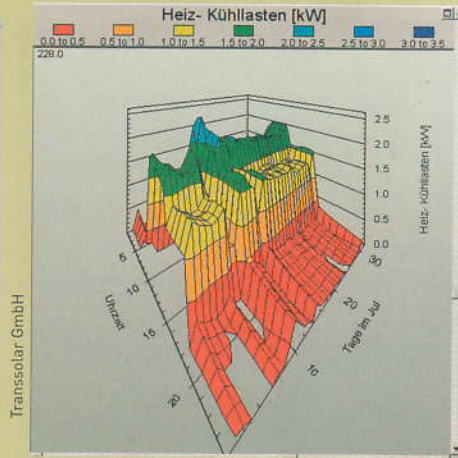


Programme/Anbieter (Auswahl)

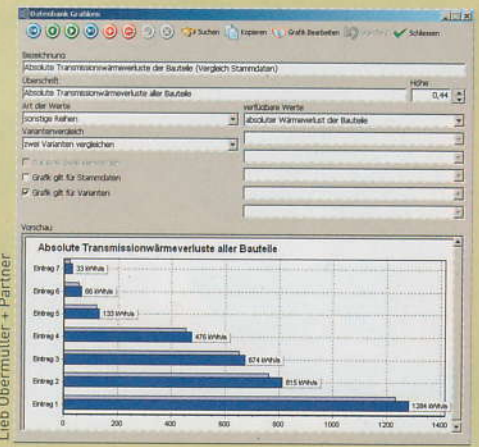
3D Thermal/3D Airflow	www.alware.de
Allplan Haustechnik	www.nemetschek.de
ANTARES	www.lop.de
CATT-Accoustic	www.akustik-berlin.de
DK-Solar	www.delzer.de
Gebäudesimulation	www.mh-software.de
RIUSKA	www.dds-cad.com
SMILE	www.dezentral.de
Suncode	www.ibus-berlin.de
Tas	www.ifes-frechen.de
TRNSYS/ARCHPASS	www.transsolar.de



Beispielerggebnisse: Temperaturverlauf und ...



... Heiz-/Kühllast und ...



... Transmissions-Wärmeverluste

im Hinblick auf das Wohlbefinden der Bewohner oder Nutzer gleichzeitig ein.

Ziel der integrierten Gebäudesimulation ist es deshalb, möglichst viele Aspekte – thermische, energetische, Lüftungstechnische, akustische und lichttechnische – in einem ganzheitlichen Modell zu berücksichtigen. Dabei müssen komplexe Simulationen nicht zwangsläufig zu komplizierten Lösungen führen. So kann beispielsweise eine abgehängte Decke, die den Schall absorbiert, das Sonnenlicht nach oben reflektiert, den Luftwechsel garantiert und gestreutes Tageslicht spendet, eine einfache Lösung aller Probleme sein.

Schnittstellen

Wichtige Voraussetzung für eine Integration der Gebäudesimulation in den Planungsprozess ist die Übernahme von Bauteilinformationen aus den CAD-Plandaten des Architekten.

Im Idealfall übernimmt der Fachingenieur einen Gebäudeplan des Architekten, inklusive aller Bauteildaten und startet, nachdem alles vollständig definiert und zugewiesen worden ist, seine Gebäudesimulation. Weil dies nur in 3D funktioniert, setzt die planerische Praxis ihre Grenzen, denn die meisten Architekten planen 2D-zeichnungorientiert und nur wenige bauteilorientiert in 3D. 2D-Linien nutzen aber nichts, denn der U-Wert einer Wand, der vom Architekten bereits gerechnet ist, wird bei der Datenübertragung nicht mitgeliefert. Müssen die CAD-Daten erst für die Simulation aufbereitet oder neu erstellt werden, kommt man schnell an Rentabilitätsgrenzen. Die IFC-Schnittstelle von der IAI (DIB 04/03) erscheint in diesem Zusammenhang als eine hoffnungsvolle Entwicklung. So ermöglicht die aktuelle Version 2x2 die Übergabe haustechnischer Objekte weitgehend ohne Informationsverlust. Einziges bisher von der IAI zertifiziertes Simulations-Werkzeug ist das aus Finnland stam-

mende Programm RIUSKA. Es ist zu hoffen, dass sich diesem Beispiel auch andere Anbieter anschließen.

Aktuelle Software-Lösungen

In Deutschland wird eine ganze Reihe von Software-Lösungen für die Gebäudesimulation vertrieben. Ein Großteil davon stammt aus den USA und Skandinavien. Da viele Programme ihren Ursprung im universitären Bereich haben, verfügten sie in der Vergangenheit über eine wenig komfortable Bedienung. So haben solche (teilweise kostenlos erhältlichen) Lösungen immer noch eine Ein- und Ausgabe in Form von Textdateien. Die meisten kommerziell vertriebenen Produkte sind aber längst an den Windows-Standard angepasst. Alle Programme liefern gute, verwertbare Ergebnisse, lediglich die Form der Ausgabe (Text/Grafik) ist teilweise sehr unterschiedlich.

Wer eine integrierte Lösung sucht, die alle oben genannten Aspekte berücksichtigt, wird enttäuscht. Erste Ansätze einer integrierten Simulation sind aber schon da. Mit der Bandbreite der Funktionen und Einsatz-

möglichkeiten steigt allerdings auch der Preis für die Simulationsprogramme, der zwischen 1.000 und mehreren tausend Euro liegt. Weitere Informationen über Software erhalten Sie über die aufgelisteten Anbieter-Adressen (siehe Kasten).

Fazit

Simulations-Software ist mittlerweile so benutzerfreundlich geworden, dass jedes Ingenieurbüro – nach entsprechender fachlicher Fortbildung und Einarbeitung – in der Lage ist, Gebäudesimulationen als Dienstleistung anzubieten.

Dass nur auf diesen Bereich spezialisierte Büros dies tun, ist sicher eine Folge davon, dass viele Planer mit dem Begriff „Gebäudesimulation“ wenig anfangen können, die Software noch immer relativ teuer ist und der Mehrwert in der Regel nicht bezahlt wird. Im Sinne der Bauherren/Nutzer und im Sinne der Umwelt sollte sich dieses Hilfsmittel jedoch als fixes Planungselement etablieren, etwa wie der statische Nachweis. Mit der EnEV sind hierzulande die Voraussetzungen dafür gegeben.

Was ist eigentlich...

Energetische Gebäudesimulation: Auf der thermischen Gebäudesimulation aufbauende oder daraus abgeleitete Berechnung des Energiebedarfes zur Raumkonditionierung eines Gebäudes.

Strömungssimulation: Mit Hilfe einer Strömungssimulation wird die räumliche Verteilung der Raumlufttemperatur, der Raumfeuchte, der Raumgeschwindigkeit und des Raumluftdrucks präzise berechnet.

Akustische Simulation: Sie ermöglicht in simulierten 3D-Geometrien die Analyse der Raumakustik von Gebäuden bereits in früher Entwurfsphase.

Tages-/Kunstlicht-Simulation: Neben der Beleuchtungsstärke oder Leuchtdichte berücksichtigt die Visualisierung natürlicher und künstlicher Beleuchtung auch ergonomische, gestalterische und „emotionale“ Gesichtspunkte (s.a. DIB 3/06).

Integrierte Gebäudesimulation: Ziel der integrierten Gebäudesimulation ist es, für das Wohlbefinden der Bewohner beziehungsweise Nutzer relevante thermische, energetische, Lüftungstechnische, akustische und lichttechnische Aspekte in einem ganzheitlichen Modell zu berücksichtigen.

Thermische Gebäudesimulation: Rechnergestützte dynamische Berechnung der Raum- und Bauteiltemperaturen sowie gegebenenfalls der -feuchten in einem Gebäude, in Abhängigkeit von Faktoren wie Klima, Gebäudestruktur, Nutzung und Betrieb.