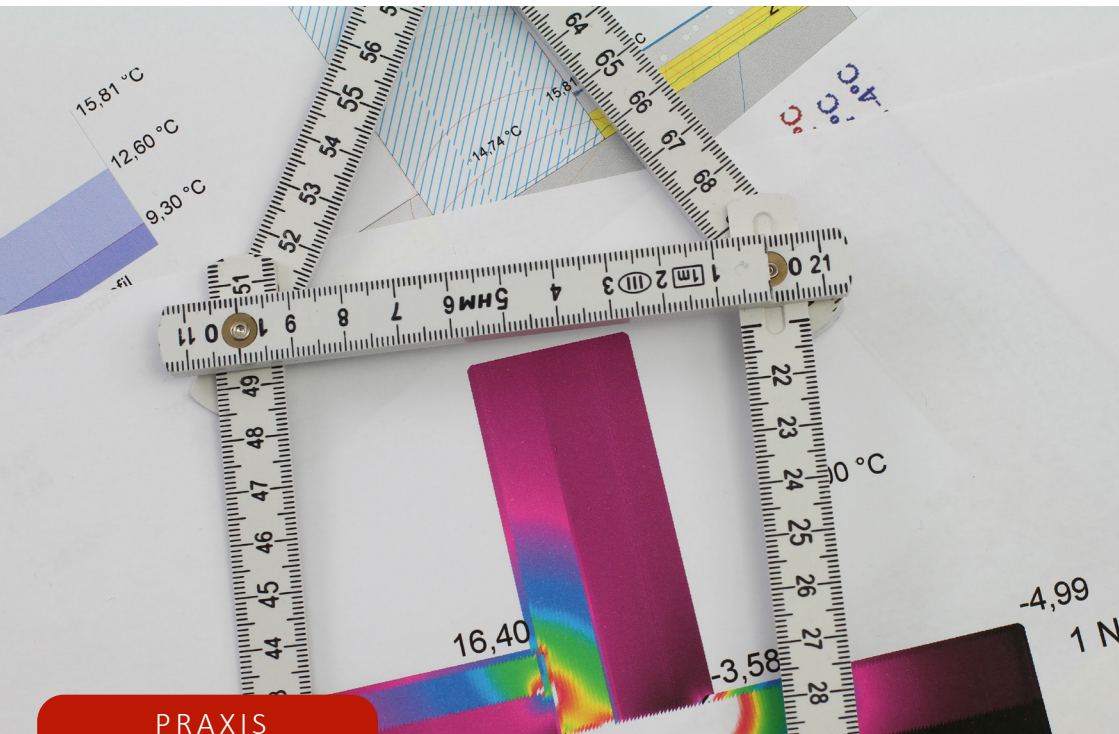




**Mittelstand 4.0**

Kompetenzentrum  
Planen und Bauen



PRAXIS

# Bauphysik – Potenzial Energetischer Gebäudesimulationen – Technischer Bericht

## Impressum

### Herausgeber:

Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen  
info@kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital

**Autoren:** Silke Wedemeyer, Ben Gottkehaskamp,  
Christian Kreyenschmidt, Gerd Mischler, Sharina Alves,  
Sebastian Hollermann

### Redaktion:

buildingSMART Deutschland,  
Wiener Platz 6, 01069 Dresden  
kompetenzzentrum@buildingsmart.de

### Inhalte und Produktion:

Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen

### Bilder und Grafiken:

Titelbild: Adobe Stock, Dieter Pregizer  
S. 3,4, 5, 6 (rechts unten), 8 und 9: Jade Hochschule  
S. 6: Adobe Stock, Song\_about\_summer  
S. 7: Adobe Stock, black\_mts  
S. 10: Adobe Stock, kokliang1981

### Satz & Layout:

Tina von Wolffersdorff  
www.besonders-blond.de

Mit unseren Publikationen geben wir **Einblicke in die Praxis von BIM und anderen Digitalisierungstechniken**. Wir zeigen und beschreiben, welche Möglichkeiten bereits heute existieren und auch angewendet werden. Unsere Expertinnen und Experten des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Planen und Bauen erklären dabei nicht nur Techniken, Begriffe und Prozesse, sondern auch die Chancen, die sich für kleine und mittelständische Unternehmen ergeben.

Die vorliegende Publikation ist eine Informationssammlung aus verschiedenen Praxisprojekten sowie eigenen Erfahrungen. Bei der Zusammenstellung der Inhalte wurde Wert darauf gelegt, die mit den Praxisprojekten gewonnenen Einsichten auch für andere kleine und mittelständische Unternehmen nutzbar zu machen.

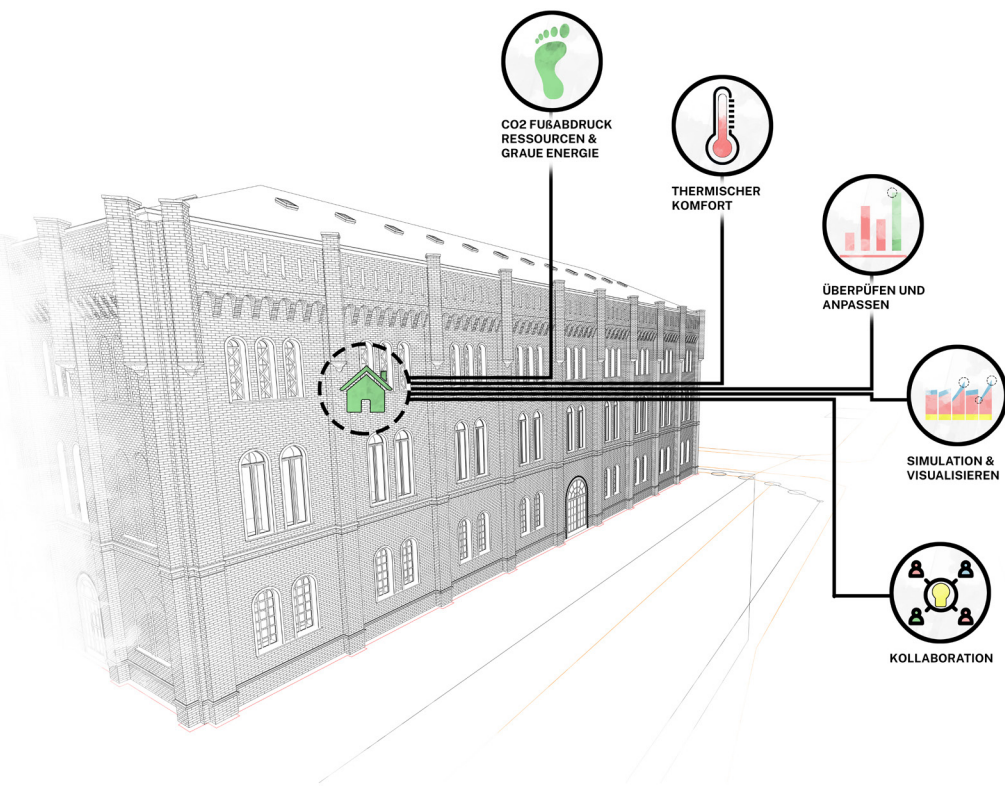
Wir sind sehr an Ihrer Meinung und auch an Ihren Beispielen aus der BIM- und Digitalisierungspraxis interessiert. **Melden Sie sich** bitte gerne per E-Mail oder auch über unsere Social Media Kanäle auf Twitter, Facebook oder LinkedIn.

✉ [info@kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital](mailto:info@kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital)

f [Kompetenzzentrum.Planen.und.Bauen/](https://www.facebook.com/Kompetenzzentrum.Planen.und.Bauen/)

t [kompetenz\\_pb](https://twitter.com/kompetenz_pb)

in [company/kompetenzzentrumplanenundbauen/](https://www.linkedin.com/company/kompetenzzentrumplanenundbauen/)



Dabei werden 65 Prozent des von einem nach der Energie-Einsparverordnung errichteten Gebäudes verursachten Energiebedarfs während seines Betriebs vor allem für die Heizung, Kühlung, Beleuchtung und Lüftung des Hauses benötigt – nur gut ein Drittel der während des gesamten Lebenszyklus der Immobilie benötigten Energie ist für ihren Bau erforderlich. Selbst ein Passivhaus verschlingt noch mehr als ein Drittel der Energie, während es bewohnt und genutzt wird. Künftig könnte der Energiebedarf während der Nutzungsphase allerdings auf nur noch fünf Prozent sinken. Gelingt dies, könnten der Bau und der Gebäudesektor einen großen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. Zugleich gilt es jedoch, den Rohstoffbedarf der Baubranche zu reduzieren. Denn Ressourcen für Baustoffe und die Herstellung von gebäudetechnischer Ausrüstung sind auf der Erde nicht unendlich vorhanden.

Bei energetischen Simulationen spielen zahlreiche Faktoren wie die Makro- und Mikrolage des Bauwerks, die angestrebte Nutzungsart, der gewünschte Gebäude- oder Energieeffizienzstandard eine Rolle. Ziel sollte jedoch immer sein, ein möglichst behagliches Gebäude entstehen zu lassen, in dem sich die Nutzer wohl fühlen und das zugleich idealerweise mehr Energie produziert, als es verbraucht.

Um Energie in Gebäuden effizienter zu nutzen, müssen Architekten und Planer deshalb künftig bei allen neu errichteten Bauten und bei der Sanierung von Bestandsgebäuden in der Planungsphase simulieren, wie sich ein Bauwerk energetisch verhalten wird. Denn thermisch dynamische Simulationen lassen Energieeinsparpotenziale erkennen und geben Planern die Möglichkeit, in einem überschaubaren und damit wirtschaftlichen Zeitrahmen mehrere Varianten des Gebäudes zu untersuchen.

Zunächst gilt es dabei, schon **früh im Entwurfsprozess eine Einschätzung zu erhalten, welcher Primärenergie es bedarf, um das Gebäude entstehen zu lassen und es später zu betreiben** sowie welcher thermische Komfort sich mit einer bestimmten Gestaltungsvariante erreichen lässt. Erfolgt dies bereits zu einem frühen Zeitpunkt des Projekts, können erhebliche Kosten vermieden werden. Denn Änderungen lassen sich immer schwerer umsetzen, je weiter ein Bauvorhaben vorangeschritten ist. Deshalb nehmen auch die durch sie verursachten Kosten mit dem Projektfortschritt exponentiell zu.

Simulationen geben auch Aufschluss darüber, wie viel Haustechnik nötig ist, um den in einem Gebäude gewünschten thermischen Komfort herzustellen. Wer dabei auf aktive Strategien setzt, wird versuchen, dies mit einem umfangreichen Ansammlungen haustechnischer Elemente zu erreichen – egal, ob er mit einem Blockheizkraftwerk Wärme und Strom erzeugt, das Gebäude im Sommer mit einer Klimaanlage kühlt, oder mit Photovoltaikanlagen selbst Energie erzeugt. Dieser Ansatz verursacht aber Kosten sowie durch die Produktion der benötigten haustechnischen Anlagen einen CO<sub>2</sub>-Footprint und Ressourcenverbrauch, der sich vermeiden lässt. Für die Herstellung der Technik, ihren Transport auf die Baustelle und ihren Einbau im Gebäude wird zudem Energie benötigt. Diese „graue“ Energie wird bei der Betrachtung des Energieverbrauchs eines Gebäudes über seinen gesamten Lebenszyklus leicht übersehen.

## Energetische Simulationen verkleinern den Co2-Footprint von Gebäuden

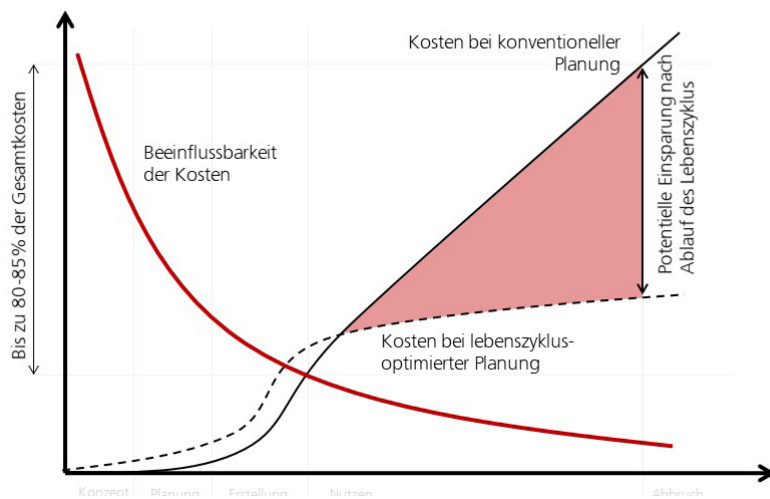
**Deutschland wird spätestens 2045 nicht mehr Kohlendioxid ausstoßen, als es an anderer Stelle einspart**, hat die damalige Bundesregierung im Juni 2021 beschlossen. Schon bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen um 65 Prozent, bis 2040 um 88 Prozent gegenüber dem Wert des Jahres 1990 sinken. Sie reagiert damit auf internationale Vereinbarungen wie das Kyoto Protokoll aus dem Jahr 1997 und das Pariser Klimaabkommen von 2015, die globale Ziele festlegen, um die Erderwärmung möglichst auf unter zwei Grad zu begrenzen. Auch die Europäische Union strebt im Rahmen ihres → „Green Deal“ Klimaneutralität an – anders als Deutschland allerdings erst für das Jahr 2050.

Um die Ziele zu erreichen muss Deutschland von fossilen Brennstoffen auf Wind- und Sonnenkraft umsteigen und seinen Energieverbrauch deutlich reduzieren. Hierzulande entsteht rund **ein Drittel des Energiebedarfs im Gebäudebereich**. Auch weltweit verbraucht die Bau- und Immobilienbranche 36 Prozent der erzeugten Energie und verursacht 39 Prozent der Kohlendioxid-Emissionen, so die Internationale Energieagentur.

## Simulation – Eine Begriffsbestimmung

Statt auf Over Engineering sollten Planer daher bei der energetischen Gestaltung eines Gebäudes auf Low Tech setzen. Seit Jahrhunderten gibt es passive Strategien, um den thermischen Komfort eines Gebäudes zu gewährleisten. In Klimazonen wie dem Süden und Südwesten Deutschlands lassen sich beispielsweise mit großen Fensterflächen auch in Herbst und Winter Licht und Wärme der Sonne ins Gebäude holen. Bewusst platzierte Speichermassen halten diese längere Zeit im Haus. Eine bauliche Verschattung oder eine Querlüftung kühlen dieses dagegen im Sommer. Letztere sorgt zugleich für den nötigen Luftaustausch. Solche passiven Strategien sind allerdings in dem Maß in den Hintergrund geraten, indem neue technische Möglichkeiten für die Klimatisierung und Beleuchtung von Gebäuden entstanden.

Welche Strategie und welcher **Mix aus passiven und aktiven Maßnahmen** den Primärenergiebedarf eines Gebäudes auf die effizienteste und wirtschaftlichste Weise möglichst gering halten, lässt sich schon zu einem frühen Zeitpunkt der Planung aus thermisch-dynamischen und Energiesimulationen ableiten.



Entwicklung der Lebenszykluskosten und deren Beeinflussbarkeit, in Anlehnung an Jonas Lang LaSalle: Green Building - Nachhaltigkeit und Bestandserhalt der Immobilienwirtschaft (2008)

Eine Simulation ist die meist **digitale Nachbildung und Beschreibung eines realen Systems oder Prozesses auf der Grundlage eines Modells**. Dieses ist dazu im ersten Schritt zu definieren und zu erstellen. Im Baubereich überführen Planer dabei beispielsweise die Komplexität eines Entwurfs, Tragverhaltens, des Baus, Betriebs oder der Finanzierung eines Gebäudes sowie der Logistik auf einer Baustelle durch Abstraktion in ein digitales Modell. Mit diesem werden dann durch eine Simulation Lösungen entwickelt, die den Verantwortlichen helfen, bessere Entscheidungen zu treffen und die Planung, den Bau und Betrieb von Gebäuden nachhaltiger zu gestalten. Die Kunst dabei ist es, mit so wenig Aufwand wie möglich eine Aussage zu einem Problem zu bekommen, mit der sich dieses optimal lösen lässt.

Der bekannteste und gleichzeitig komplizierteste Anwendungsbereich von Computersimulationen ist die **Wetter- beziehungsweise Klimasimulation**. Hier lässt sich von makroskopischen Effekten wie dem Jetstream und dem Polarwirbel bis zu mikroskopischen Effekten wie einer Fahrt mit dem Auto alles in das für die Simulation genutzte Modell aufnehmen. Die Komplexität einer Wettersimulation ist aber so groß, dass es unmöglich ist, das Wetter an einem bestimmten Ort anhand

der Auswirkungen makroskopischer Effekte auf lokale Gegebenheiten auch nur für die nächsten 24 Stunden voraussagen. Nicht weniger komplex ist, dass die Summe aller weltweiten mikroskopischen Effekten die Erwärmung des Erdklimas mit all ihren Folgen bestimmt.

Für Energiesimulationen bei der Planung von Gebäuden sind Wetterdaten vor allem in Form der sogenannten „**typical meteorological years**“ (abgekürzt: TMY) wichtig. Dabei handelt es sich um über eine festgelegte Zeitspanne von in der Regel mehreren Jahren gesammelte meteorologische Daten. Mit komplexen Hochrechnungen entstehen aus ihnen repräsentative Datensets, die auch Veränderungen wie den Klimawandel berücksichtigen. „Typical meteorological years“ sind sehr zuverlässig, da ihre Validität von mehreren Fachleuten im Rahmen einer Peer Review überprüft wurde. Die entsprechenden Daten werden je nachdem, mit welchem Algorithmus die Hochrechnung erstellt wurde, in unterschiedlichen Formaten dargestellt – etwa .clm, .wea, .ddy, .rain oder .stat. Eines der gängigsten und vor allem für einfachere Simulationen wichtigen Datenformate ist .epw.

Diese Simulationen müssen nicht notwendig komplex sein und von Experten erstellt werden. Denn es gibt mittlerweile eine Reihe digitaler Werkzeuge, die sich einfach bedienen lassen und die trotzdem eine gute Hilfestellung bei der Optimierung eines Gebäudes in der ersten Planungsphase geben.

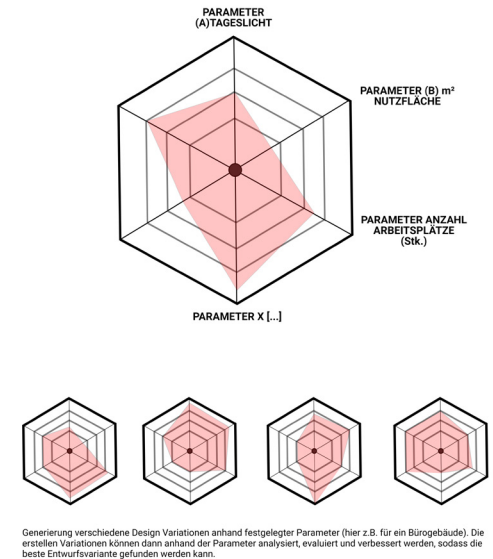
So bietet die digitale Transformation vielfältige Möglichkeiten und Chancen, um mit intelligenten Konzepten die Energieeffizienz zu erhöhen, Baumaterialien schonend zu verwenden und klimaschädliche Emissionen zu verringern. Simulationen sind dabei ein Werkzeug, um im Bauwesen nachhaltig und effizient mit den uns zur Verfügung stehenden Ressourcen umzugehen.

## Aber bitte mit BIM – Energetische Simulationen bauen auf Building Information Modeling auf

Mit Building Information Modeling (BIM) ist eine Methode in der Anwendung, mit der sich Gebäudeinformationen in einer Komplexität erheben und analysieren lassen, die es erlaubt in Simulationen **sehr frühzeitig** zu überprüfen, ob ein Gebäude wie geplant funktionieren wird – und die Planung notfalls nachzubessern. Wird BIM schon in der Planungsphase genutzt, so entsteht ein digitales Modell eines Bauwerks, das für verschiedene (hier: energetische) Simulationen genutzt werden kann. So kann das Zusammenspiel von aktiven haustechnischen Systemen und den geplanten passiven Strategien simuliert werden. Diese Simulationen am digitalen Modell erlauben Rückschlüsse auf den optimalen Nutzen und den sich ergebenden Primärenergiebedarf.

Modellbasierte Simulationen machen auch frühzeitig sichtbar, ob sich aus der Wahl der aktiven und passiven Mittel für die energetische Optimierung des Gebäudes möglicherweise Konflikte ergeben. So funktioniert eine Querlüftung als passive Strategie nicht, wenn in dem Haus zugleich eine Lüftungsanlage betrieben werden soll. Denn diese beeinflusst die natürliche Luftströmung ungünstig. Schlimmstenfalls könnte durch die „überflüssige“ Technik der Energiebedarf des Gebäudes steigen und der thermische Komfort leiden.

Die Planung des energetischen Verhaltens eines Gebäudes mit BIM erlaubt zudem, dass in allen Leistungsphasen **Fachleute aus unterschiedlichen Baudisziplinen** an demselben digitalen Modell zusammenarbeiten. So lässt sich beispielsweise verhindern, dass der für die technische Gebäudeausrüstung zuständige Planer aktive Systeme verbaut, die im Zusammenspiel mit den gewählten passiven Klimatisierungsstrategien nicht funktionieren. Auch hilft es, wenn mehrere Experten an einem Klimakonzept arbeiten, ihre unterschiedlichen Perspektiven und Ideen einbringen und so ein besseres Ergebnis erzielen.



Um diese Zusammenarbeit zu verbessern, bieten viele Programme für die BIM-Methode die Möglichkeit einer Modellansichtsdefinition – auf Englisch Model View Definition (MVD). Mit ihr kann eine spezifische Datenmenge – zum Beispiel die für eine Simulation benötigten Daten – vom Gesamtmodell beziehungsweise Hauptmodell des geplanten Bauwerks exportiert und an einzelne Fachplaner übergeben werden. MVD ist zum einen ein Dateiformat (.mvdxml), zum anderen ein Informationsmodell oder -schema. Die Entwicklungen zu MVD werden von buildingSMART koordiniert.

Außerdem entstehen im Kontext von BIM derzeit neue technologische Methoden und Werkzeuge, die Planer bei ihrer Arbeit unterstützen. Immer mehr Software-Anwendungen für BIM nutzen beispielsweise Künstliche Intelligenz (KI). → **Veranstaltungsformat KI Sprechstunde** Computersimulationen können mit Hilfe von KI im Zuge eines generativen Gestaltens in einem Modell eine Vielzahl von Parametereinstellungen durchspielen und präsentieren dem Planer dann eine priorisierte Auswahl von Lösungsvorschlägen.

Ein Beispiel dazu ist der zu erwartende (natürliche) Lichteinfall in ein Bürogebäude. Daten dazu erlauben es, die optimale Anordnung und Anzahl von Arbeitsplätzen im Raum zu ermitteln, was wiederum Rückwirkungen auf die in Frage kommenden Grundrissvarianten hat. Bei der Modellgestaltung gibt es derzeit Softwareansätze, die Planer bei der Erstellung der für ein solches generatives Gestalten erforderlichen Modelle unterstützen.



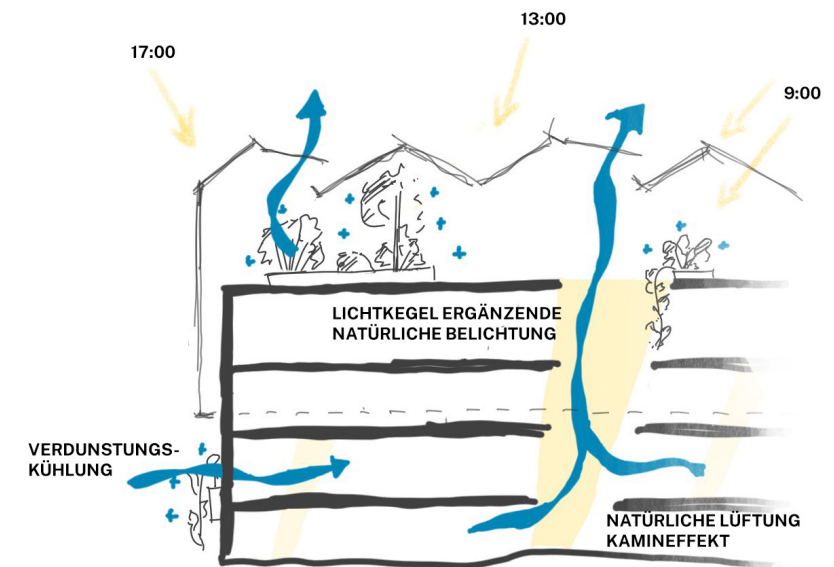
## Übung macht den Meister – Erfahrene Anwender erzielen mit Simulationssoftware bessere Ergebnisse

Bislang nutzen die meisten Planer und Bauunternehmen **auf ihre Fach- und Planungsdisziplin zugeschnittene Computersimulationen**, die durch visuell gestützte Modellierung zu einem Fachmodell führen, das sich in der fachbezogenen Sprache des jeweiligen Gewerks parametrisieren lässt. Bei der Erstellung des Modells und dessen Parametrisierung kommt es stark auf die Erfahrung der Planer und die Funktionalität der eingesetzten Software an. Denn mit den Tools lassen sich meist recht einfach erste Analysen und Simulationen erstellen. Um jedoch genauere und realitätsnähere Ergebnisse zu erzielen, muss die Simulation genauer definiert werden. Welche Einstellungen und Parameterdefinitionen dazu erforderlich sind, wissen Anwender der letztlich doch meist recht komplexen Simulationsprogramme jedoch erst, wenn sie genug Erfahrung mit deren Einsatz und Performance haben. Dann haben sie ein besseres Verständnis dafür, wie das entsprechende Programm operiert und was genau es wie berechnet. Um belastbare und möglichst realitätsnahe Simulationsergebnisse zu erzielen, müssen Anwender von Simulationstools daher eine ähnliche Lernkurve durchlaufen, wie vor der Arbeit mit CAD-Anwendungen und BIM-Tools.

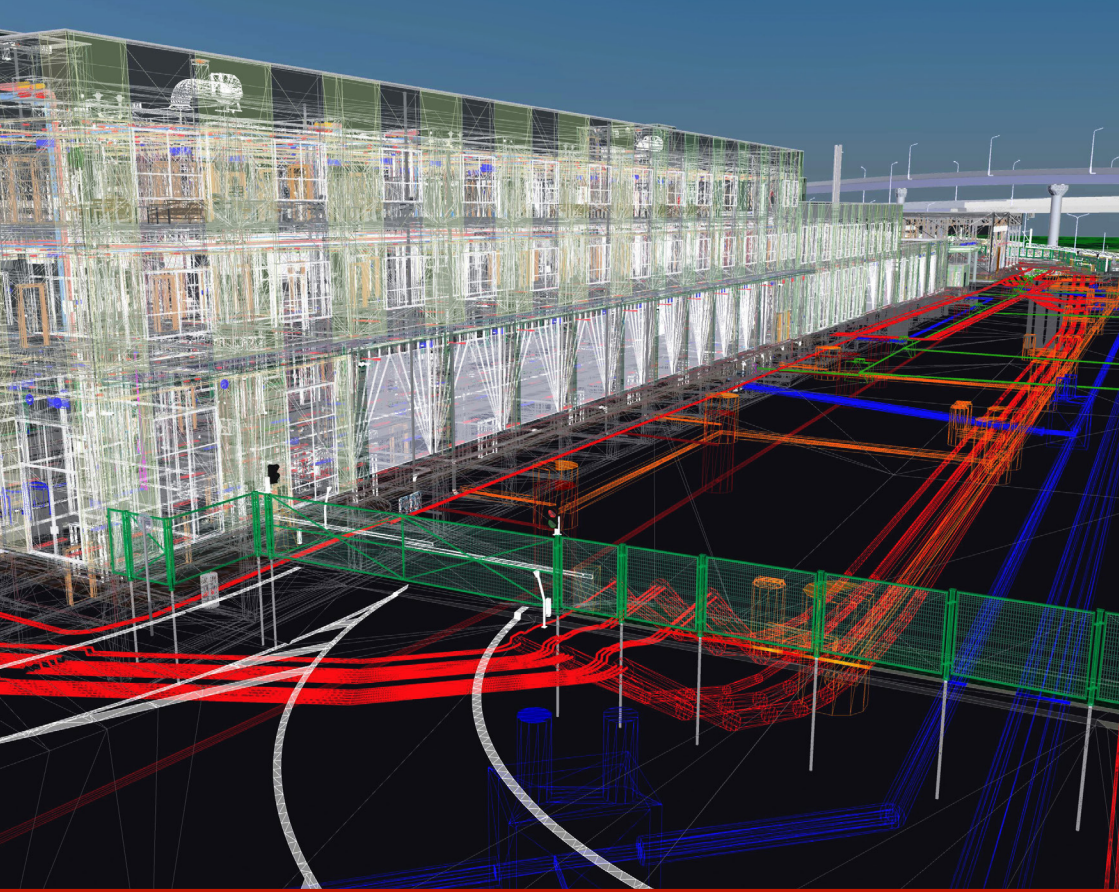
Je mehr Erfahrung und Fachkompetenz Planer haben, desto besser können sie auch die Ergebnisse einer Simulation analysieren und interpretieren. Das ist wichtig, denn zum einen gibt es keine Software, die in allen Fachdisziplinen gleich leistungsfähig ist. Programme für die Tragwerksplanung sind bei der Visualisierung baulicher Details allerdings nicht so performant wie Fachanwendungen für die Statik und umgekehrt.

Zum anderen lassen sich der Energieverbrauch und das thermische Verhalten eines Gebäudes eben nur simulieren. Selbst die beste Simulation bildet die Realität aber nicht zu 100 Prozent ab. Das wäre auch nicht unbedingt wirtschaftlich. Denn selbst, wer der Realität mit einer Simulation nur so nahe kommen will, wie irgend möglich, muss dafür einen gewaltigen Zeitaufwand treiben.

Deshalb ist es auch wichtig, nach Abschluss der Bauarbeiten **im realen Objekt zu beobachten, wie die gewählten aktiven und passiven Strategien wirken** – und sie gegebenenfalls anzupassen. Dabei kommt es auch auf das Feedback an, das Nutzer und Nutzerinnen des Gebäudes dazu geben, wie wohl sie sich in diesem fühlen. Denn der thermische Komfort hängt von primären Faktoren wie der Lufttemperatur und -geschwindigkeit, den Temperaturen von Oberflächen, der relativen Luftfeuchtigkeit, dem Tätigkeitsgrad der Nutzer des Gebäudes und ihrer Kleidung ebenso ab wie von sekundären Faktoren wie Alter, Geschlecht und körperlicher Verfassung. Gemeinsam beeinflussen sie, ob die für ein Gebäude oder einen Raum geplante Lüftungsstrategie funktioniert, oder ob Nutzer beispielsweise zu viel oder zu den falschen Zeiten lüften und den Energieverbrauch des Gebäudes damit unter Umständen erhöhen, weil die geplante Strategie nicht den gewünschten Komfort bringt.



Exemplarische Darstellung eines Klimaschnittes für passive Strategien (eigene Darstellung)



Das richtige Programm – Auf diese Software-Lösungen können Sie bei Simulationen setzen

Das folgende Kapitel stellt verschiedene **Werkzeuge für die Energiesimulation** dar. Anhand dieser Tools werden auch verschiedene Anwendungsfälle beschrieben. Es gibt in CAD-Software integrierte Werkzeuge – sogenannte Built-In Tools – Plugins, die CAD-Programme ergänzen, sowie gesonderte Experten-Software, die unabhängig von CAD-Programmen genutzt wird. Jedes Simulations-Tool hat seine eigenen Stärken und Funktionen. Die Lösungen haben aber auch viele Gemeinsamkeiten in ihrem Aufbau und ihrer Handhabung. Welches Werkzeug sich letztendlich am besten eignet, ist in jedem Anwendungsfall individuell zu bewerten.

## Integrierte Werkzeuge – Built-In Tools

Built-In Tools sind Werkzeuge, die in einer anderen Software integriert sind. So bieten viele CAD-Programme unterschiedliche Funktionen und Möglichkeiten, um innovative energetische Gebäudekonzepte zu entwerfen. Unter anderem helfen verschiedene Programme, Wetteranalysen zu berechnen und grafisch darzustellen. Auch Energiesimulationen lassen sich mit diversen Programmen durchführen.

Bevor eine Simulation erstellt wird, sollten sich Anwender jedoch bei jedem Projekt, mit den klimatischen Gegebenheiten, auseinandersetzen, auf die das geplante Gebäude treffen wird. Denn Mikrostandortfaktoren wie die im Jahresverlauf auftretenden Temperaturen, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen sind für die Energieeffizienz eines Gebäudes entscheidend und daher schon in der frühen Entwurfsphase zu berücksichtigen.

Die für die Simulation benötigten Wetterdaten sind teils kostenlos online verfügbar. Häufig genutzte Datenquellen sind zum Beispiel EnergyPlus und OneBuilding. Außerdem gibt es Daten vom Deutschen Wetterdienst oder Meteonorm. Diese Anbieter verlangen für ihre Informationen allerdings Gebühren. Grundsätzlich sollten die Wetterdaten für eine Simulation immer aus mehreren unterschiedlichen Quellen und Jahren stammen und vor ihren „Einsatz“ überprüft werden.

Software wie Autodesk Revit oder Graphisoft ArchiCAD kann mit topographischen Daten auch abbilden, wie die Sonne im Tagesverlauf um ein Gebäude wandert und wann sie wie in einzelne Räume fällt. Diese Informationen lassen sich zur Entwicklung von Energiekonzepten nutzen, da sie beispielsweise zeigen, wo und wie die größten solaren Gewinne entstehen, wann sich welche thermischen Massen aufheizen, wie sich dies nutzen lässt sowie wo und wann das Gebäude im Gegenzug verschattet werden muss.

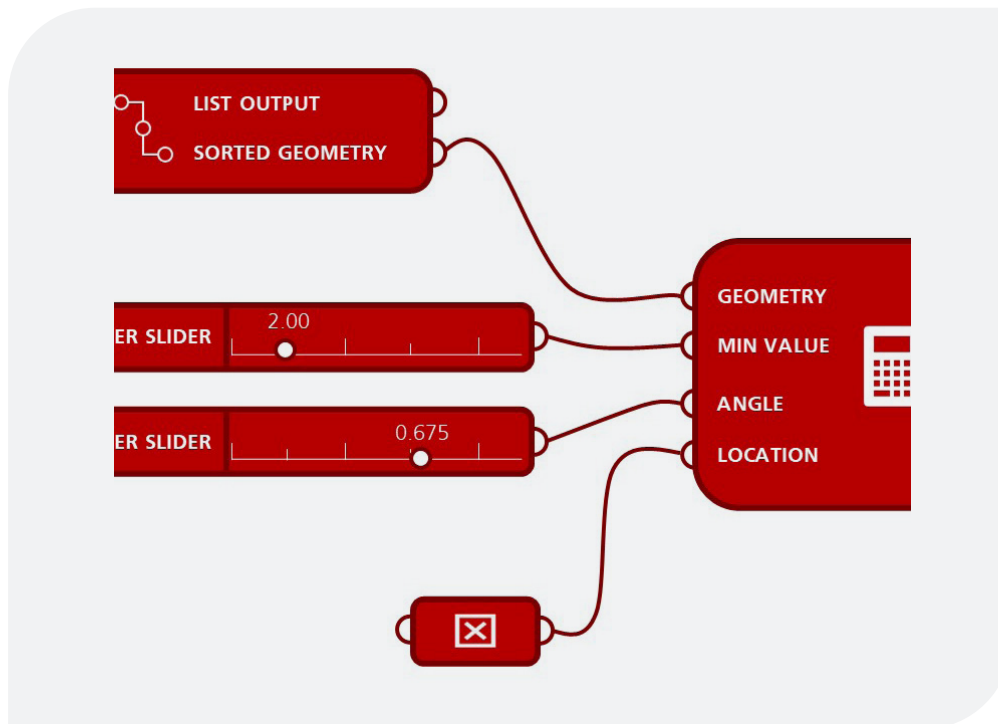
Manche Programme am Markt bieten durch das objektbasierte Arbeiten außerdem die Möglichkeit einer Energiesimulation, die die Heiz- und Kühllast eines Hauses überschlägig berechnet. Dazu definieren Anwender die für die Berechnung benötigten Informationen über sogenannte MEP-Räume – das Kürzel steht für mechanical, electrical and plumbing engineering. In diesen speichern sie die entsprechenden Daten auch.

Raubegrenzende Bauteile beeinflussen die Berechnung und Analyse ebenfalls. Daher werden unterschiedliche Parameter dieser Bauteile, wie etwa die U-Werte der Wände, in die Kalkulation integriert. Am Ende der Simulation lassen sich Heizlast, Kühl- und Beleuchtungslast, der Wärmegewinn pro Person und andere energetische Faktoren für jeden einzelnen Raum in einer Liste darstellen und auswerten.

## Software-Erweiterungen – Plugins

Plugins sind Softwareerweiterungen und optionale, teilweise kostenpflichtige Komponenten, die eine andere Software ergänzen. Ohne diese Anwendung können sie nicht ausgeführt werden. Es gibt verschiedene Plugins für thermisch-dynamische Simulationen, Wetteranalysen und Energiesimulationen. In diesem Bericht wird eine Auswahl vorgestellt, mit der das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen Erfahrungen gesammelt hat.

So haben Autodesk Revit und Rhinoceros zusätzlich zu ihrer CAD-Umgebung eine visuelle Programmierungsumgebung – auf Englisch Visual Scripting. Für Revit ist das Dynamo, für Rhinoceros das Tool Grasshopper.



Vereinfachte Darstellung der visuellen Programmierung (engl. Visual Scripting) Methode (eigene Darstellung)

Für diese Programmierumgebungen gibt es verschiedene Plugins, unter anderem die Ladybug Tools – eine Sammlung frei zugänglicher Anwendungen unter anderem für die nachhaltige Entwicklung von Produkten und Gebäuden.

Über die Ladybug-Tools können eine Vielzahl an Parametern wie die Reflektionswerte von Oberflächen oder die Dichte und der U-Wert des Mauerwerks bestimmt werden. So lassen sich einfache ebenso wie komplexere Simulationen erstellen, um etwa Erkenntnisse über die thermische Behaglichkeit, die Innenraumtemperaturen, Heiz- und Kühllasten oder den Primärenergiebedarf des geplanten Gebäudes zu gewinnen.

Die Ladybug Tools nutzen auch Materialbibliotheken und bedienen sich einiger Hintergrundprogramme wie EnergyPlus, THERM, Radiance oder OpenStudio, die Berechnungen durchführen oder Zeitpläne beispielsweise für die Nutzung einzelner Räume oder die Lüftung über bestimmte Fenster bereitstellen. Eigene Definitionen der energetischen Eigenschaften von Baumaterialien und -teilen in Materialbibliotheken lassen sich ebenfalls integrieren.

Neben der thermisch-dynamischen Simulation lassen sich mit Ladybug-Tools auch Wetterdaten auf vielfältige Weise visualisieren. Dabei lassen sich Filter einstellen, um bestimmte Temperaturbereiche zu analysieren, die in der Visualisierung der Simulation dargestellten Legenden an den jeweiligen Anwendungsfall anpassen oder die Diagramme auswählen, die die Auswertung der Simulation im gegebenen Fall am besten veranschaulichen. Anwender können die klimatischen Verhältnisse so sehr gut analysieren und beispielsweise auswerten, welches Potenzial eine Photovoltaik-Anlage bei der gegebenen Sonnenstrahlung hat.



## Strom aus Balkonien – So einfach lässt sich das Potenzial von Photovoltaikpaneelen an Balkongeländern simulieren

Auf dem Teilgebiet „Helleheide“ des ehemaligen Fliegerhorsts Oldenburg entstehen im Rahmen des Bebauungsprojektes ENaQ – Energetisches Nachbarschafts-quartier – bis 2024 Wohnungen für 300 Menschen. Das Wohnquartier soll seinen Energiebedarf größtenteils aus lokal erzeugter Energie decken. Deshalb prüften die Planer mit einer Strahlungsanalyse und seiner anschließenden Wirtschaftlichkeitsberechnung, ob sich die Anbringung von Photovoltaikpaneelen an den Balkongeländern der neuen Wohnungen rentiert. Mit ihnen könnte jeder Mieter selbst Strom produzieren, Kosten sparen und das Klima entlasten.

Für die Simulation stellten die Architekten zunächst 3D-Modelle der Wohngebäude im Datenformat IFC zur Verfügung. Daraus leiteten die Planer ein einfaches Massenmodell ab, das die Kubatur der Gebäude und ihre Ausrichtung zur Sonne darstellte. Mit ihnen simulierten sie auf Basis einer Strahlungsanalyse visuell und numerisch, an welchen Balkonen und ab welcher Höhe es sich lohnt, Photovoltaikpaneelen an den Geländern anzubringen und wie viel elektrische Leistung die Paneelen mit dem jeweils zu erwartenden Eintrag an Sonnenenergie erbringen können. Dabei wurden auch die Koeffizienzenverluste und der Wirkungsgrad der

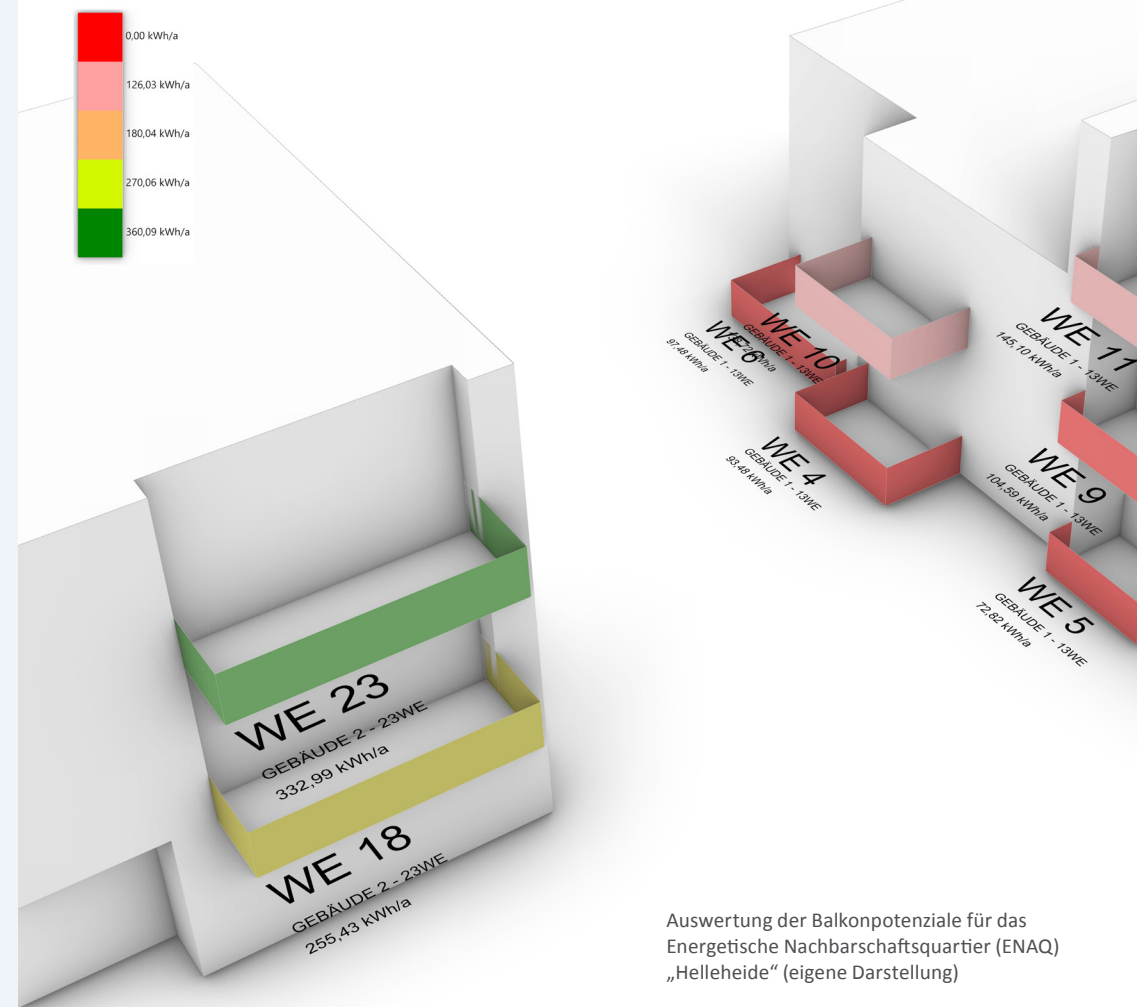
Paneele berücksichtigt. Außerdem wurde ermittelt, welche Geometrie die Balkone haben müssen, um genug Fläche für die benötigten Paneelen zu bieten.

Für die Simulation nutzten die Planer die Software Rhinoceros in Verbindung mit der Programmierungsumgebung Grasshopper für die Visualisierung. Die frei zugänglichen Plugins Ladybug und Honeybee führten die Energieberechnungen durch. Als Wetterdaten wurden die Daten der National Oceanic Atmospheric Administration für die Jahre 2018 und 2020 sowie das Testreferenzjahr 2011 des Deutschen Wetterdienstes genutzt.

Da sie im Rahmen der Simulation jeden Balkon unter Berücksichtigung seiner Mikrolage einzeln bewerteten, konnte die Planer anschließend mit einem vom Kooperationspartner OFFIS entwickelten Programm auch die Wirtschaftlichkeit für jede Wohneinheit gesondert prüfen. Dabei wurden Faktoren wie die Anschaffungskosten der Balkonkraftwerke, die Strompreise und die finanzielle Förderung durch die Stadt Oldenburg berücksichtigt und in Bezug zu dem Lastprofil gesetzt, das ein Balkon erbringen muss, wenn die Wohnung von einem Renter, einem Paar oder einer Familie mit Kindern bewohnt wird.



**Auf 37 der 43 simulierten Balkone** würde es sich lohnen, Photovoltaikpaneelen zu installieren, ergab die Analyse. Die Balkonkraftwerke würden sich dank der finanziellen Förderung durch die Stadt binnen vier Jahren amortisieren, wenn sie mit einem herkömmlichen Standard-Lastprofil-Zähler betrieben werden könnten. Der örtliche Netzbetreiber fordert allerdings Zähler zur registrierten Leistungsmessung. → [mehr lesen](#)



Um mit Ladbybug-Tools eine Simulation erstellen zu können, benötigen Anwender ein einfaches Zonen-Modell sowie Wetterdaten. Anders als bei einem BIM-Modell, werden dafür einfache Flächen benötigt, die ein geschlossenes Volumen bilden. Sie bestimmen eine thermische Zone, beispielsweise einen Raum. Diese Zonenmodelle sind bei vielen Energiesimulationen oder thermisch-dynamischen Simulationen ähnlich.

Die Ergebnisse der Simulationen können direkt in Rhinoceros visualisiert werden. Da sich Parameter dort über die visuelle Programmierung anpassen lassen, eignet sich diese Erweiterung gut, um sie in den Entwurfsprozess zu integrieren. Denn so können Planer verschiedene Strategien an vereinfachten Modellen prüfen und numerisch nachweisen. Zudem können sie die Simulation iterativ in den folgenden Prozessen erweitern.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass der Vorteil von Erweiterungen darin besteht, dass sie oft auch **ohne ein spezifisches Fachmodell funktionieren**. Teilweise können sich Anwender für ihre Simulation des vorhandenen BIM-Modells bedienen. Oder sie nutzen dafür ein einfaches Modell für die Simulation, das sie danach als Grundlage ihrer weiteren Modellierung verwenden. Zudem lassen sich mit den meisten Plugins schnell einfache Simulationen erstellen, die oft ausreichen, um in der Entwurfsphase zu prüfen, wie sich eine Entscheidung zu einem bestimmten baulichen Detail auswirkt.

Allerdings haben Plugins auch Grenzen. So sind sie oft an die entsprechende CAD-Umgebung gebunden, was dazu führt das einige Prozesse umständlich gestaltet sind.

## Experten-Software

Schließlich gibt es für energetische Simulationen gesonderte spezifische Software wie IDA Indoor Climate and Energy – kurz IDA Ice - und TRNSYS - Transient System Simulation Tool. Experten-Software funktioniert **unabhängig von anderen Programmen, kann komplizierte Operationen vornehmen und so eine vertiefte Gebäudesimulation berechnen**. Das liefert sehr genaue Ergebnisse.

Durch die größere Komplexität der Programme können außerdem spezifischere Konzepte wie eine Tageslichtanalyse oder der Komfort in einem bestimmten Bereich des geplanten Gebäudes geprüft werden. Die aktiven Systeme der Gebäudeausrüstung lassen sich in Bezug zu Entwurfs-Strategien setzen, so kontrollieren und numerisch belegen.

Die Qualität der Simulationen hängt jedoch stark von zwei Faktoren ab: Zum einen von der verfügbaren Datengrundlage. Ist diese unzureichend, kann bei der Simulation kein Ziel fundiert evaluiert werden. Zum anderen hängt die Qualität der Ergebnisse von der Expertise des Anwenders ab, der die Simulation erstellt. Denn selbst wenn ausreichende und fundierte Daten vorliegen, sind Grundkenntnisse über klimatische Zusammenhänge und Verhältnisse nötig, um die Ergebnisse der Simulation interpretieren zu können.

Als Datengrundlage werden wie bei Plugins Wetterdaten verwendet. Außerdem wird ein Modell in die Simulationssoftware importiert, die dazu idealerweise mit herstellerunabhängigen Datenformaten wie IFC oder gbxml – Green Building XML – arbeiten sollte. Es gibt auch Anwendungen die proprietäre Austauschformate verwenden. Open-BIM-Austauschformate sind allerdings der Standard.



## Fazit – Simulationen bieten viel Potenzial für die Nutzer eines Gebäudes und den Klimaschutz

Für Simulationen gibt es heute bereits viele Anwendungsfälle. Künftig werden auch energetische und thermisch dynamische Simulationen fester Standard in der Planungspraxis der Bauwirtschaft sein. Schließlich liefern sie numerische Nachweise der energetischen Leitungsfähigkeit eines Gebäudes. Sie zeigen, ob dieses klimatisch funktioniert und bei minimalem Energieverbrauch den größtmöglichen thermischen Komfort bietet.

So können Simulationen einen erheblichen Beitrag dazu leisten, den Energieverbrauch im Immobiliensektor und die von der Bauwirtschaft verursachten Kohlendioxidemissionen zu senken, um bis 2045 Klimaneutralität zu erreichen. Dabei lassen sich besonders Bestandsbauten, die einen großen Teil der Emissionen verursachen, mit Simulationen effektiv energetisch optimieren.

Auch wenn bereits viele unterschiedliche Simulationssoftwares, Plugins und in Modellierungsprogramme integrierte Tools zur Verfügung stehen, bleibt **die Umsetzung und das Auslesen der Daten in die Simulation** weiterhin ein Problem. Denn für eine Simulation benötigen Planer ein Zonenmodell. Dieses müssen sie heute meist noch eigens erstellen, da die Verbindung von BIM und Simulationstools noch nicht ausgereift ist. Daher können letztere vorhandene Modelle bisweilen nicht optimal einlesen oder es kommt zu Problemen bei der Simulation. Das bremst die Evaluation und erschwert den Vergleich verschiedener Gestaltungsvarianten eines Gebäudes.

Allerdings erkennen Softwarehersteller zunehmend, dass sie dieses Problem lösen müssen. Auch stellen die offene Datenaustauschstandards IFC oder gbxml eine gute Grundlage für den Austausch zwischen BIM- und Zonenmodellen für die Simulation dar. Allerdings sind hier noch Entwicklungsarbeiten nötig, um jederzeit einen dauerhaft zuverlässigen Austausch zu gewährleisten.

Zu welchen Ergebnissen eine Simulation gelangt und wie gut diese interpretiert werden, hängt außerdem von der Kompetenz der Planer ab, die die Softwares anwenden. Je mehr Erfahrung und Wissen sie im Bereich klimagerechten, low-tech Bauens und dem Umgang mit dem verwendeten Simulationstool haben, desto besser können die simulierten Gebäude berechnet und beurteilt werden. Außerdem sollten sie ihre Herangehensweise über einen interdisziplinären Austausch mit den anderen an einem Bauvorhaben beteiligten Fachdisziplinen teilen, so dass Kollisionen und Probleme verhindert werden. Dies hilft auch, andere fachliche Perspektiven einzusehen und die angesetzten klimatischen Anpassungen kritisch zu hinterfragen. Das führt zu besser an die klimatischen Gegebenheiten am Standort eines Gebäudes angepassten Gestaltungsvarianten, mehr thermischem Komfort, geringerem Energie- und Ressourcenverbrauch und weniger Emissionen. Davon profitieren die Nutzer des Bauwerks und das Klima.



**Mittelstand 4.0**  
Kompetenzentrum  
Planen und Bauen

### Wie Sie uns erreichen

info@kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital  
www.kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital

### Über Mittelstand-Digital

Mittelstand-Digital informiert kleine und mittlere Unternehmen über die Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung. Die geförderten Kompetenzzentren helfen mit Expertenwissen, Demonstrationszentren, Best-Practice-Beispielen sowie Netzwerken, die dem Erfahrungsaustausch dienen. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) ermöglicht die kostenfreie Nutzung aller Angebote von Mittelstand-Digital. Der DLR Projektträger begleitet im Auftrag des BMWK die Kompetenzzentren fachlich und sorgt für eine bedarfs- und mittelstandsgerechte Umsetzung der Angebote. Das Wissenschaftliche Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste (WIK) unterstützt mit wissenschaftlicher Begleitung, Vernetzung und Öffentlichkeitsarbeit. Weitere Informationen finden Sie unter [www.mittelstand-digital.de](http://www.mittelstand-digital.de)

Mittelstand-  
Digital

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# Mittelstand 4.0

## Kompetenzentrum Planen und Bauen

Die regionalen Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren und Themenzentren mit Ihren Stützpunkten

