

Was wäre, wenn?

Stadtsimulationen beantworten wichtige Zukunftsfragen

Energie sparen, autonome Fahrzeuge einsetzen und die Sicherheit erhöhen – das sind wichtige Ziele von Städten. Wie lassen sie sich erreichen? Geodatenbasierte, semantische Stadtmodelle zeigen es. Sie simulieren Zukunftsszenarien und bieten damit eine wichtige Entscheidungsgrundlage.

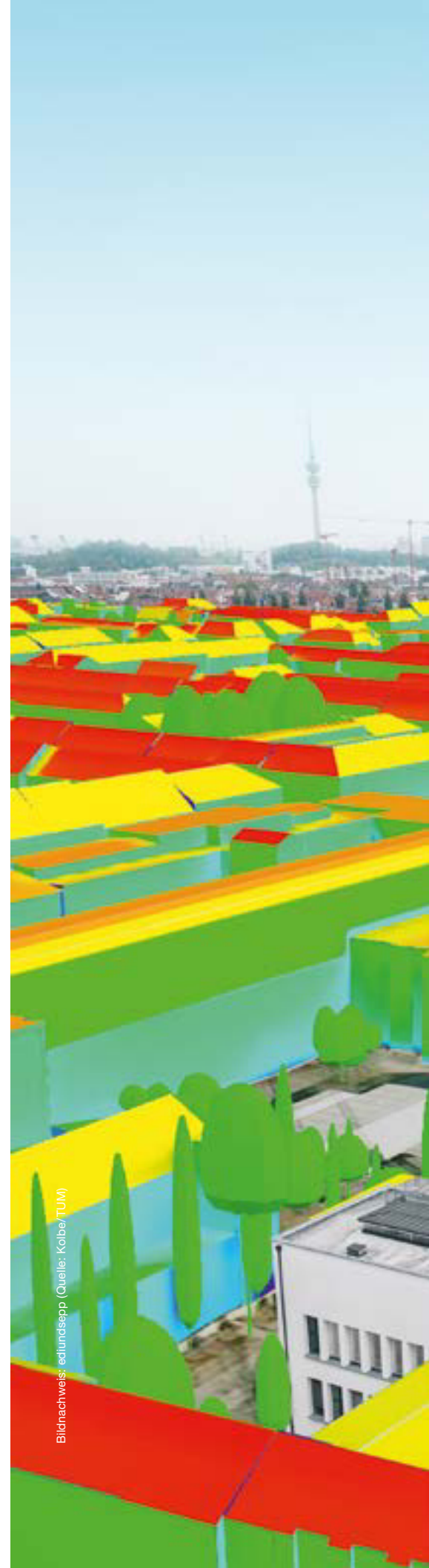
Full Article (PDF, EN): www.tum.de/faszination-forschung-30

What if...? Urban Simulations Provide Answers E to Key Questions for the Future

Saving energy, promoting autonomous driving and improving safety: these are important goals shared by many cities. But how exactly can we achieve them? Geodata-based semantic city models are showing us the way. Prof. Thomas H. Kolbe and his team research 3D models like this, which integrate a wide range of data – on aspects including traffic, infrastructure, cell phone towers, building structures and construction projects. They use these models for tasks such as calculating the future energy consumption of residential buildings in Munich up to 2035. □

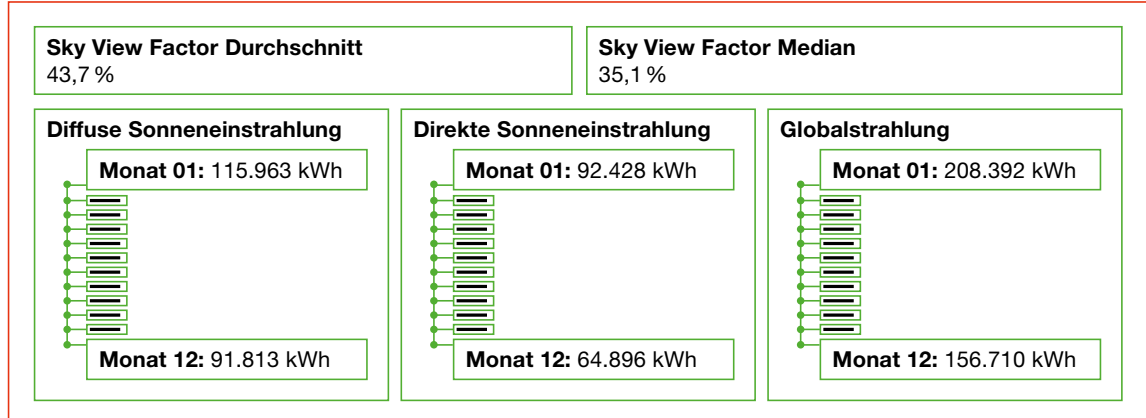
Link

www.asg.ed.tum.de/gis
www.3dcitydb.org



Bildnachweis: ecludnsepp (Quelle: Kolbe/TUM)





Semantische 3D-Stadtmodelle lassen sich für verschiedene Anwendungen mit den jeweiligen Daten beliebig anreichern. Dieses Modell von München zeigt die Energie der diffusen und direkten Sonneneinstrahlung auf den verschiedenen Oberflächen eines Gebäudes, angegeben in Monats- und Jahressummen. Auch die Information, wie viel Prozent des Himmels sichtbar ist (Sky View Factor SVF), wird für die einzelnen Flächen berechnet und für jedes Gebäude aggregiert.

Was wäre, wenn die Münchnerinnen und Münchner ihre Wohngebäude von Öl- und Gasheizungen auf Fernwärme und Wärmepumpen umrüsten würden? Wenn sie bei Warmwasser vor allem auf Solarthermie setzen? Und wenn Fußbodenheizungen in großem Stil Radiatoren ersetzen?

Ja, was wäre dann? Ein geodatenbasiertes, semantisches Modell der Stadt München zeigt es, denn es kann anhand der in ihm enthaltenen Gebäudeinformationen die potenziellen Energieeinsparungen ermitteln.

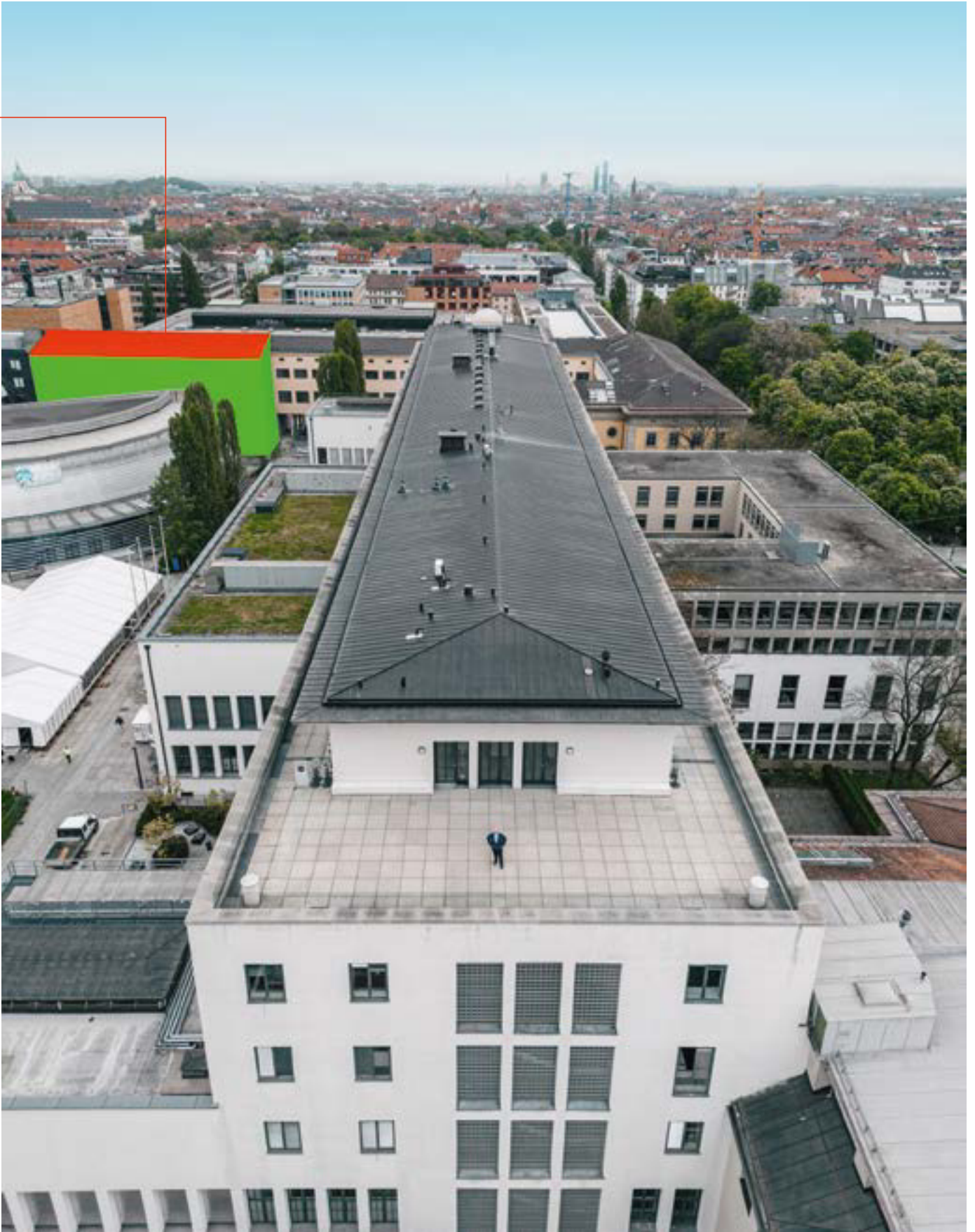
Nicht nur visuell, sondern semantisch in 3D

Wo kommen die Informationen her? Die Geodaten kommen von Behörden wie Landesvermessungs- oder Katasterämtern, dazu gehören topographische Karten, Luft- und Satellitenbilder. Sensoren wiederum liefern Daten über Verkehr, Umwelt und Infrastruktur. Unternehmen aus den Bereichen Telekommunikation, Verkehr und Immobilien können ebenfalls Daten zur Verfügung stellen, zum Beispiel über Mobilfunkmasten, Verkehrsbewegungen und Bauvorhaben.

Von Berlin über New York bis Tokio nutzen weltweit viele

Städte solche 3D-Modelle. Was das ist, lässt sich im Vergleich am besten erklären: Die 3D-Ansichten von Google Maps etwa nutzen ein rein visuelles Modell, das keine semantischen Daten enthält, das heißt Informationen zu den Objekten sind nicht hinterlegt. Hier gibt es keine Informationen, ob es sich um Büros oder Wohnhäuser handelt, wie alt die Gebäude sind, wie viele Stockwerke sie haben und so weiter. Bei geobasierten, semantischen Modellen sind solche Daten vorhanden. „Daher können diese Modelle sehr gut Informationen aus verschiedenen Themenbereichen zusammenführen und Szenarien zu verschiedenen Fragen simulieren“, sagt Prof. Thomas H. Kolbe, der als Inhaber des Lehrstuhls für Geoinformatik an der TUM an solchen Modellen forscht.

Nutzen lassen sich diese 3D-Modelle, um Vorhersagen über den Energieverbrauch zu treffen, wie die Analyse der Wohngebäude in München zeigt. Wichtig sind sie auch für die Stadt- und Verkehrsplanung oder das Sicherheits- und Katastrophenmanagement. „Diese vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten faszinieren mich“, sagt Kolbe. „Gemeinsam mit Experten aus verschiedenen Disziplinen entwickeln wir sie weiter und integrieren immer mehr Daten.“



Bildnachweis: edlundsepp

Anwendungen

von Stadtplanung bis Katastrophenmanagement



Stadtplanung

Beispiel: In welchen Gebieten lassen sich neue Wohnflächen entwickeln?

Wichtige Daten (WD): Alle Gebäude inkl. 3D-Geometrie, Nutzungsart, Baujahr und Stockwerke



Verkehrsplanung

Beispiel: Wo lassen sich autonom fahrende Kleinbusse ideal einsetzen?

WD: Fahrstreifengenaue Straßenraummodelle, Verkehrsstärke- und Bedarfszahlen, Gelände- und Gebäudemodelle



Energieplanung

Beispiel: Welche Energiemaßnahmen sind in welchen Bereichen effizient?

WD: Alle Gebäude inkl. 3D-Geometrie, Nutzungsart, Baujahr



Immobilienmanagement

Beispiel: Welchen Verkaufs- und Versicherungswert haben Immobilien?

WD: Alle Gebäude inkl. 3D-Geometrie, Nutzungsart, Baujahr und Stockwerke



Sicherheits- und Katastrophenmanagement

Beispiel: Wo liegen Gefahrenzonen bei einer Überflutung, einem Terroranschlag oder einem Tsunami?

WD: Gelände- und Gewässermodell sowie alle Gebäude und Verkehrswege in einem potenziell gefährdeten Gebiet



Immer bessere Prognosen – dank interdisziplinär gesammelter und harmonisierter Daten

So beispielsweise auch bei einem Forschungsprojekt, bei dem Kolbe und sein Team untersuchten, wie stark die Sonne auf Münchens Gebäude strahlt und diese damit erwärmt. Auf der Südseite wärmen sie sich stärker auf als auf der Nordseite – klar. Dächer heizen sich stärker auf als Fassaden. Bäume und Schornsteine aber werfen Schatten, und eine schlechte Luftqualität reduziert die Sonneneinstrahlung. Bei diesem Projekt stammen die Geodaten von der Bayerischen Vermessungsverwaltung (LBDV), die Informationen zur Kalibrierung der solaren Einstrahlung von der NASA. Die Daten zum Baumbestand wurden mit Hilfe von Methoden erhoben, die das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung in Dresden entwickelt hat. All diese Informationen integrierte Kolbes Team in ein semantisches, dreidimensionales Stadtmodell. Im Ergebnis entstand ein Modell der Stadt, das zeigt, in welchen Bereichen sich Photovoltaik und Solarthermie lohnen.

Für die Zusammenarbeit ist es wichtig, Datensätze standardisiert zu erstellen. Dazu dient der CityGML-Standard, dessen Entwicklung Kolbe initiiert hat und federführend vorantreibt. Hier ist definiert, wie Gebäude, Straßen, Brücken oder auch Bäume digital beschrieben sein sollen. Das macht die Modelle vergleichbar und damit auch wirtschaftlich. Viele Länder und Städte weltweit stellen ihre 3D-Modelle mittlerweile CityGML-konform als Open Data kostenfrei zur Verfügung. So können immer mehr Daten einfließen, sodass die Simulationsergebnisse immer detaillierter werden. Einige Städte haben sogar bereits digitale Zwillinge im Einsatz, also eine virtuelle Echtzeit-Repräsentation ihrer selbst. Was wäre also, wenn eine Stadt klimaneutral, fahrerfrei oder katastrophensicher werden will? Die Modelle weisen den Weg. ■

Gitta Rohling

„Diese Modelle können Informationen aus verschiedenen Themenbereichen zusammenführen und Szenarien zu verschiedenen Fragen simulieren.“

Thomas H. Kolbe

3DCityDB – eine open-source Datenbank für 3D-Stadtmodelle

Die preisgekrönte 3D City Database ist eine kostenlose Geodatenbank zum Speichern, Darstellen und Verwalten virtueller 3D-Stadtmodelle. Sie enthält den CityGML-Standard mit semantisch reichhaltigen und multi-skaligen Stadtobjekten und erleichtert so komplexe Analyseaufgaben weit über die Visualisierung hinaus. 3DCityDB wird seit mehr als 14 Jahren produktiv und kommerziell an vielen Orten der Welt und in zahlreichen Forschungsprojekten eingesetzt.

www.3dcitydb.org



Prof. Thomas H. Kolbe

studierte Informatik an der Universität Dortmund und promovierte an den Universitäten Vechta und Bonn. In Bonn arbeitete er als wissenschaftlicher Assistent und Oberingenieur. Anschließend war er Inhaber des Lehrstuhls „Methodik der Geoinformationstechnik“ an der TU Berlin. Seit 2012 ist er Inhaber des Lehrstuhls für Geoinformatik an der TUM. Hier erforscht er Methoden, um Städte räumlich, zeitlich und semantisch zu analysieren, zu modellieren und zu visualisieren. Er ist Initiator und Mitautor von CityGML, dem internationalen Standard zur Modellierung, zur Speicherung und zum Austausch semantischer 3D-Stadtmodelle. Seit 2021 ist er Kernmitglied des Munich Data Science Institute.

Klimaneutralität in München?

Mehr als 100.000 Wohngebäude gibt es in München, die beheizt, gekühlt und beleuchtet sein wollen. Damit verursachen sie Treibhausgasemissionen. Aber nicht nur damit. Neben dieser direkten Energie gibt es die sogenannte graue Energie. Das ist die Energie, die beim Gebäudebau sowie bei der Herstellung, dem Transport, dem Einbau und der Entsorgung von Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage, Sanitär- und Elektroinstallationen, Beleuchtungssystemen und Sicherheitstechnik verbraucht wird.

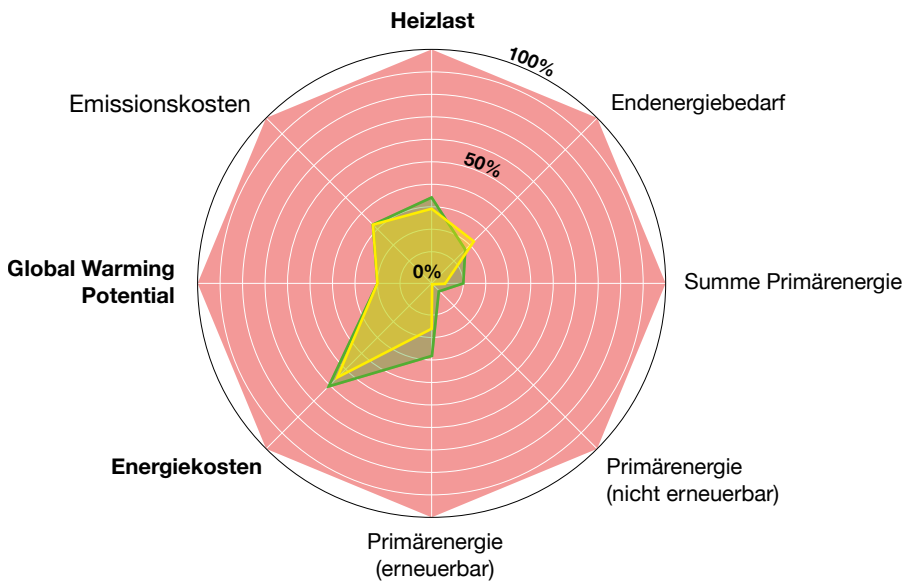
Diese graue Energie wird bei der Analyse des Energieverbrauchs oft nicht berücksichtigt. Das untersuchte Hannes Harter in seiner Dissertation, die er 2021 in Kooperation mit Kolbes Lehrstuhl durchführte. Er entwickelte eine Methode auf der Grundlage eines geodatenbasierten, semantischen Stadtmodells, die nicht nur die direkte, sondern auch die graue Energie in die Analysen einbezieht. Ein Novum. Im Modell enthalten sind die Informationen, welche Anlagen für das Heizen, das Trinkwarmwasser und die Wärmeübergabe derzeit vorhanden sind. Anschließend lassen sich folgende Fragen mit Zahlen hinterlegen: Wie hoch wären die Kosten für den Tausch der Anlagen? Wie hoch wäre die graue Energie? Wie hoch wäre der Energieverbrauch danach?

Sein Modell schätzt den zukünftigen Energieverbrauch der Wohngebäude in München bis 2035 in zwei Szenarien. In Szenario 1 kämen beim Heizen Gas, Fernwärme und Wärmepumpen zum Einsatz, Szenario 2 dagegen verzichtet komplett auf Gas. Beide Szenarien setzen beim Warmwasser rein auf Solarthermie und bei der Wärmeübergabe auf Fußbodenheizungen. Generell können auch andere Szenarien durchgerechnet werden.

Die schlechte Nachricht: In punkto Wohngebäude würde München sein Ziel, bis 2035 klimaneutral zu sein, nicht erreichen. Die dafür notwendigen Umrüstungen wären in beiden Szenarien so aufwändig und teuer, dass sie schlicht nicht realistisch sind. Und weil Gebäude immer wieder erneuert werden müssen, kann der Gebäudesektor gar nicht komplett klimaneutral werden. Die gute Nachricht: Umrüstungen können durchaus deutlich Energie einsparen. „Wir sollten daher nicht den Kopf in den Sand stecken, sondern solche Stadtmodelle nutzen, um zu analysieren, in welchen Bereichen sich Umrüstungen am meisten lohnen“, sagt Thomas Kolbe.

Was wäre, wenn...

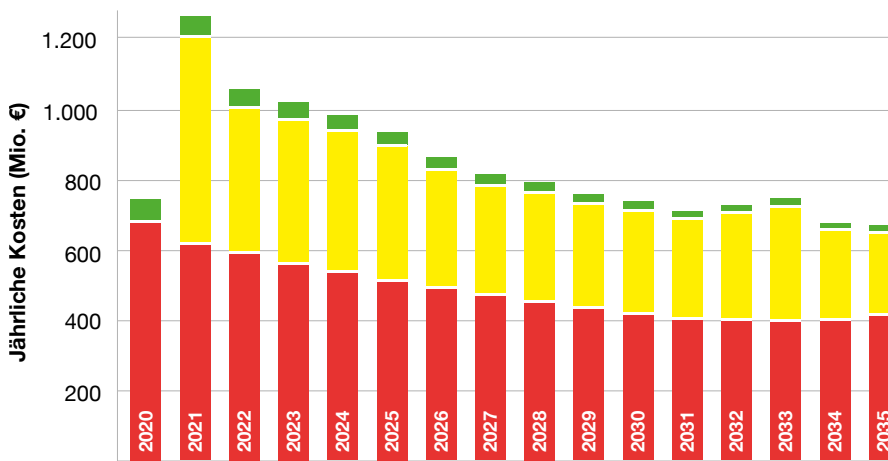
alle Wohngebäude Münchens energetisch saniert würden?



Ist-Zustand: Heizenergie aus Gas (70 %), Öl (20 %) und Fernwärme (10 %)

Szenario 1: Heizenergie aus Wärmepumpen (70 %; überwiegend erneuerbar betrieben), Gas (20 %) und Fernwärme (10 %). Warmwasser aus Solarthermie; 100 % Fußbodenheizung

Szenario 2: Wie Szenario 1, aber Heizenergie ausschließlich aus Fernwärme (80 %, 90 % davon mit erneuerbarer Energie) und Wärmepumpen (20 %)



Emissionskosten

Kosten graue Energie für technische Gebäudeausrüstung

Kosten Heizung und Warmwasser

Jahr

Jährliche Kosten für Energie und Emissionen, wenn alle Wohngebäude in München zwischen 2020 und 2035 so saniert werden, dass sie Szenario 1 erfüllen. Auch nach abgeschlossener Sanierung bleiben erhebliche Kosten für direkte und graue Energie sowie für Emissionen. (Anfängliche Emissionskosten 25 €/t CO₂e; jährlicher Anstieg der Energie- und Emissionskosten 5 %; jährlicher Anstieg der Baukosten 2 %).