

# Modellierung in der dritten Dimension

**ENERGY ATLAS BERLIN** Semantische 3D-Stadtmodelle können dem Energiewendeprozess dienlich sein. Sie stellen Gebäudeparameter bereit, mittels derer Energiebedarfe und -potenziale ermittelt werden können



**Das Solarpotenzial der Hauptstadt:** Welche Häuser sind für die Installation von PV- bzw. solarthermischen Anlagen geeignet? Wie viel Strom könnten sie zu welchen Kosten produzieren? Welche CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale sind möglich? Antworten hierauf gibt der Energieatlas Berlin. Bild: Energy Atlas Berlin

Von **MELANIE SCHULZ**, München

**Z**innoberrot leuchten die Dächer rund um den Pariser Platz in Berlin Mitte. Und das ist auch gut so. Denn schließlich bedeutet die Farbe Rot in der 3D-Animation, dass die Dachflächen sehr gut für eine photovoltaische Installation geeignet sind. Die Forschungsinitiative Energy Atlas Berlin beschäftigt sich mit der 3D-Modellierung von Städten unter dem Gesichtspunkt energierelevanter Fragestellungen und hat neben einer Abschätzung der möglichen PV-Ökostromerzeugung auch den Strom- und Wärmeenergiebedarf der Hauptstadt ermittelt.

Leiter des Projekts ist *Thomas H. Kolbe*, Professor für Geoinformatik an der TU München. Kolbe forscht seit nunmehr 20 Jahren an der räumlichen Darstellung von 3D-Objekten. Als Mitglied der im Jahr 2002 gegründeten Special

Interest Group (SIG) 3D der Initiative Geodateninfrastruktur (GDI) Nordrhein-Westfalen hat er maßgeblich an der Entwicklung des XML-basierten offenen Datenformats City GML (Geography Markup Language) für die Repräsentation und den Austausch von virtuellen 3D-Stadtmodellen mitgewirkt.

**»Das Stadtmodell wächst kontinuierlich.«**

Im Unterschied zu herkömmlichen 3D-Stadtmodellen liegt der Fokus von City GML neben der Abbildung der reinen Gebäudegeometrie auf den semantischen Eigenschaften virtueller Städte. Semantische Informationen können z. B.

die Ausprägung einzelner Gebäudeteile wie Dach- und Wandflächen, Fenster, Türen, Balkone oder Dachgauben umfassen. Geometrische und semantische Eigenschaften werden separat gehalten, die vereinheitlichten Datenformate können über Webservices ausgetauscht werden.

Die City-GML-Objekte liegen in verschiedenen Detaillierungsgraden von Level of Detail (LOD) 0 bis LOD 4 vor. Das Spektrum reicht von einer groben 2,5-D-Repräsentation in LOD 0 über ein einfaches Blockmodell im LOD 1 bis hin zu detaillierten Innenraummodellen in LOD 4.

Mittlerweile findet das Stadtmodell City GML mit dem LOD-Konzept weltweit Verwendung und wird in fast allen größeren deutschen Städten eingesetzt. Der Vorteil: entwickelte Anwendungen sind jederzeit leicht übertragbar.

Grundlage für den Energieatlas Berlin ist das 3D-Stadtmodell von Berlin, dessen Rechte bei der Berlin Partner GmbH liegen. Es umfasst ca. 500 000 aus Lidar (Light Detection and Ranging) -

Messungen abgeleitete Gebäude vornehmlich im Detaillierungsgrad LOD 2. In LOD 2 werden die Objekte bereits in WallSurface, RoofSurface und GroundSurface unterschieden. Auch ist die Dachform, die Nutzungsart und die Höhe der Gebäude beschrieben. Über eine von City GML bereitgestellte Schnittstelle, die Application Domain Extension (ADE), kann das fachneutrale Modell mit Fachdaten angereichert werden.

Die geometrischen und semantischen Informationen des 3D-Stadtmodells eignen sich insbesondere, um den Wärmeenergiebedarf zu bestimmen. Dabei beruhen die Berechnungen auf der Annahme, dass eine starke Korrelation zwischen der Gebäudecharakteristik und dem Heizenergieverbrauch besteht. Kolbe ist begeistert: „Wir können für jeden Gebäudetyp ermitteln, wie stark der Wärmebedarf mit den Gebäudeeigenschaften zusammenhängt.“ In die Berechnung fließen klimatische Einflüsse, die Gebäudegeometrie, die Gebäudenutzung, das Nutzerverhalten und die Baukonstruktion mit ein.

Als klimatischer Kennwert findet die Gradtagszahl, die den Zusammenhang von Außen- und Innentemperatur darstellt, Berücksichtigung. „Solche Angaben sind wichtig, denn schließlich muss in Berlin mehr geheizt werden als in Freiburg“, erklärt der Experte. Das Stadtmodell von Berlin liefert die Daten zur Gebäudenutzung und Gebäudegeometrie. Dabei müssen aus den bereitgestellten Attributen neue Kennwerte abgeleitet werden. Beispielsweise ergibt sich die Anzahl der Vollgeschosse aus der Gebäudehöhe, die durch die baualterstypische Geschosshöhe dividiert wird. Alternativ kann die Geschosshöhe der Geobasisdaten der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) entnommen werden. Die neu ermittelten Größen werden dem Modell über das ADE-Tool eingespeist.

Die Baukonstruktion ergibt sich aus der Baualterklasse und dem Gebäudetyp. Beide Größen sind im Stadtmodell enthalten. Über sie

## »Google Streetview liefert den Sanierungszustand.«

werden schließlich die Transmissionswärmeverluste in Form der sog. U- und g-Werte (Durchgangskoeffizienten für feste Bauteile bzw. Fenster) bestimmt. Dazu werden Typenvertreter und deren baualterstypische Konstruktionsweisen, durchschnittliche Fenster-/Wandflächenverhältnisse (Fensterflächen sind in LOD 2 nicht enthalten) sowie andere Eigenschaften heran-

gezogen. Auch müssen bereits durchgeführte Sanierungsarbeiten, die zu neuen U- und g-Werten führen, berücksichtigt werden. Dabei wird der Sanierungszustand aktuell den Schrägbildaufnahmen von Bing Maps oder auch Google Streetview entnommen und über einen Client eingefügt.

Die Berechnung des Wärmeenergiebedarfs erfolgt nach dem Verfahren „Energiepass Heizung/Warmwasser“ des Instituts Wohnen und Umwelt und ergibt sich aus der Differenz der Wärmeverluste und -gewinne. Als Wärmeverluste werden die, die durch die einzelnen Hüllflächen entstehen, sowie solche, die durch das

## »Die Photovoltaik-Schätzung basiert auf einem hochaufgelösten Dachmodell.«

regelmäßige Lüften eines Gebäudes bei entsprechender Außentemperatur auftreten, berücksichtigt. Die Wärmegewinne ergeben sich aus der Sonneneinstrahlung auf Fensterflächen sowie aus internen Wärmequellen.

Was fehlt, sind Informationen über den tatsächlichen Strom-, Gas- und (Fern-)Wärmeverbrauch. Diese liefern die örtlichen Versorger für einen kleinen Teil der Gebäude. Aus einem Vergleich dieser Stichproben mit den Gebäudemerkmalen werden Korrelationsfunktionen für Wärme, Strom und Gas abgeleitet. So kann der ermittelte Wärmeenergieverbrauch präzisiert und zusätzlich der Gas- und Stromverbrauch abgeschätzt werden.

Die ermittelten Energiebedarfe werden den Gebäuden als neues City-GML-Attribut hinzugefügt und können in Farbcodierung (Ampelfarben) in ArcScene visualisiert werden. Die Ergebnisse können für verschiedene Hierarchieebenen abgerufen werden. Möglich sind Angaben für einzelne Gebäude, ein Quartier, einen Stadtteil oder einen ganzen Bezirk.

„Das Spannende ist, dass wir auch Veränderungen des Stadtmodells simulieren können. Dazu müssen wir nur die Kennzahlen einiger Objekte im Geoinformationssystem ändern und die Berechnungen neu laufen lassen“, schwärmt Kolbe. So hat die Arbeitsgruppe denn auch im Anschluss gleich die möglichen Einsparpotenziale analysiert.

Zudem zeigt der Energieatlas Berlin gebäudescharf das Solarpotenzial der Hauptstadt. „Die Photovoltaik-Schätzung wurde auf einem sehr

hoch aufgelösten Dachmodell durchgeführt. So konnten auch kleine Unebenheiten und Schlag Schatten berücksichtigt werden“, unterstreicht Kolbe die Qualität der erzielten Ergebnisse. Entsprechende KML-Dateien können direkt aus der 3D-City-Datenbank erzeugt und in Google Earth visualisiert werden. Bei Klick auf ein Gebäude/Stadtteil öffnen sich zugehörige Informationsballons mit Angaben zur möglichen Stromerzeugung, CO<sub>2</sub>-Einsparungen und Investitionskosten. Zusätzlich ist ein Ertragsrechner integriert, der eine individuelle Kostenkalkulation ermöglicht.

Auf der Intergeo 2013 in Essen unterstrich Kolbe aufs Neue die Vorteile von City GML. So ist das 3D-Stadtmodell zugleich Datenlieferant und Modellierungsgrundlage für die Integration aller Berechnungsergebnisse. „Das heißt, das Stadtmodell wächst kontinuierlich.“ Es ist eine wichtige Planungsgrundlage, mit der energetische Zusammenhänge ganzheitlich betrachtet werden können. Vor allem die Einbeziehung der tatsächlichen Verbräuche und die Mittelung über mehrere Gebäude erlauben genaue Schätzungen. Die entwickelten Methoden sind leicht übertragbar und werden aktuell von der Arbeitsgruppe Kolbe auf London angewendet. Einen Wermutstropfen gibt es aber dennoch, das Thema Datenschutz: „So basieren Berechnungen für Einfamilienhäuser auf personenbezogenen Daten“, gibt Kolbe zu bedenken. Man sollte die Daten keinesfalls ohne Rücksprache veröffentlichen.

## Das kann Energy Atlas:

**Wärmebedarfsabschätzung:** Wichtige Datenbasis, um adäquate Energieeffizienzmaßnahmen zu simulieren.

**Solarenergiepotenzial:** Gebäudescharfe Darstellung der möglichen Stromerzeugung durch PV und Solarthermie, CO<sub>2</sub>-Einsparungen und Investitionskosten.

**Geothermie-Analyse:** Das Sedimentbecken unter der Hauptstadt stellt ein wertvolles Warmwasserreservoir bereit. Ein 3D-Untergrundmodell zeigt die Nutzungsmöglichkeiten.

**Netz-Implementierung:** Integration der Netze in das 3D-Stadtmodell. Simulationen können mit Auswirkungen auf möglichen Netzausbau dargestellt werden.

**Mobilität:** Tool zeigt Energieverbräuche und Emissionen von Transportmitteln. Verkehrsmodelle untersuchen Einflüsse der Stadtstruktur.