
3D-Visualisierung energetischer Informationen innerhalb eines bauphysikalischen Informationssystems

Müller-Siegert, Rebecca¹; Przybilla, Heinz-Jürgen¹; Karim, Goran²; Höfker, Gerrit²

¹ Labor für Photogrammetrie, Hochschule Bochum, Bochum

² Institut für Bauphysik, Baustoffe und Konstruktion, Hochschule Bochum, Bochum

Zusammenfassung

Ein wichtiger Bestandteil der öffentlichen Diskussion über die Energiewende, insbesondere im Kontext des Reaktorunfalls 2011 in Fukushima, ist die Reduzierung des Energiebedarfs von Wohngebäuden. Allerdings ist es für Planer, Bauherren und Immobilienunternehmen schwer abschätzbar, welches die effektivste und energetisch rentabelste Methode bei flächendeckenden Instandsetzungsmaßnahmen ist. Eine Lösung für fachlich interessierte Hausbesitzer wie auch für Experten ist die Web-GIS-Anwendung GEKIS (Bauphysikalisches Informationssystem auf Basis von Google Earth). Anhand weniger, jedem Hausbesitzer verfügbarer Daten, ermöglicht dieses Entscheidungswerkzeug nicht nur die Berechnung des aktuellen Energiebedarfs eines oder mehrerer Gebäudeobjekte, sondern auch eine großflächige Simulation von Instandsetzungsszenarien und deren Vergleich miteinander. Innerhalb eines Google Earth Plugin erfolgt anschließend die Visualisierung der Berechnungsergebnisse. Dabei werden 3D-Vektormodelle für eine hohe Darstellungsflexibilität verwendet.

1 Einleitung

Eine Herausforderung für Planer, Immobilienunternehmen oder Bauingenieure ist die Auswahl der ökonomisch und energetisch optimalsten Instandsetzungsmaßnahme eines Gebäudes. Besonders Besitzer mehrerer Gebäude stehen hier vor einem zeitaufwendigen Planungs- und Entscheidungsprozess. Schwierigkeiten resultieren dabei vor allem aus Unterschieden in Konstruktion und Anlagentechnik der jeweiligen Objekte. Eine individuelle parallele Berechnung des Gesamtenergiebedarfes mehrerer Gebäude ist nach herkömmlichen Verfahren sehr aufwendig. Methoden zur generalisierten Betrachtung eines Stadtquartiers berücksichtigen nicht die differenzierten Baukonstruktionen einzelner Objekte und sind wegen ihrer pauschalen Aussagen kritisch zu betrachten. Daher soll unter der Bezeichnung GEKIS ein System entwickelt werden, was die unterschiedlichen Informationen über die Konstruktion der thermischen Gebäudehülle und der Anlagentechnik des einzelnen Gebäudes nutzt. Gleichzeitig soll das GEKIS-Informationssystem Instandsetzungsszenarien auf Stadtquartiersebene durchführen können, um ein wichtiges Entscheidungswerkzeug für den fachlich interessierten Hausbesitzer wie auch den Experten darzustellen. Ziel des Sys-

tems ist somit die Erfassung, Verwaltung, Analyse und Visualisierung von bauphysikalischen Gebäudedaten. Dies erfolgt auf Basis weniger jedem Hausbesitzer oder Bauherren in Form von Bauzeichnungen zur Verfügung stehenden Daten. Auf diese wird ein vereinfachtes Kurzverfahren zur Erhebung des Energieprofils von Gebäuden angewendet. Entwickelt wurde dieses Verfahren vom Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt, vorgestellt von LOGA et al. (2005). Zur Ergänzung dieses Kurzverfahrens verwendet das GEKIS-Informationssystem eine hochdynamische und flexible 3D-Darstellung. Umfangreiche Analyse- und Datenaufbereitungsfunktionen sollen nach Vorbild herkömmlicher GIS-Programme wie z. B. ArcGIS ermöglicht werden. Als Forschungsgegenstand und Testobjekt für die neu entwickelte Informationsplattform dient ein Gebiet mit möglichst inhomogener Zusammensetzung, welches durch ein überregionales Immobilienunternehmen zur Verfügung gestellt wurde. Diese ehemalige Bergarbeitersiedlung besteht aus ca. 100 Objekten mit verschiedenen Baualtersklassen, Sanierungsständen sowie Etagen- und Wohnungszahlen und bietet so einen ausreichenden Datenbestand für die Systementwicklung und -erprobung.

Im Folgenden erfolgt eine Vorstellung der verwendeten bauphysikalischen Parameter und des 3D-Datenformates. Ebenfalls werden ein Überblick über die Systemarchitektur und ein Auszug aus der Funktionsvielfalt gegeben. Letztendlich soll gezeigt werden, dass es auch Nichtfachleuten ohne das notwendige Wissen über IT oder bauphysikalischen Grundlagen möglich ist, eine energetische Bewertung einzelner oder mehrerer Gebäude vorzunehmen und die Effizienz von Instandsetzungsmaßnahmen zu beurteilen.

2. Dynamische Visualisierung energetischer Informationen

Ein Beispiel für die Verknüpfung von dreidimensionalen Gebäudemodellen mit energetischen Informationen zeigt der vom Berliner BUSINESS LOCATION CENTER 2011 entwickelte Solaratlas 3D von Berlin. Dieses auf CityGML basierende Informationssystem visualisiert Photovoltaik- und Solarthermiefpotenziale der Berliner Dachflächen. Vorgefertigte Layer bieten dem Nutzer Informationen zu dem energetischen Dachflächenpotenzial. Eine Weiterentwicklung desselben stellt der Energyatlas Berlin von KADEN et al. (2012) dar. Ebenfalls CityGML verwendet EICKER et al. (2012) zur Berechnung des Heizwärmebedarfes der Stadt Ludwigsburg. Alternativ werden extrudierte Footprints verwendet, um ein dreidimensionales Erscheinungsbild entsprechend LEDOUX UND MEIJERS (2009) zu erhalten. Bei Verwendung in Google Earth weisen diese Modelle eine geringe Dynamik in der Darstellung auf und variieren zwischen wenigen, vom Entwickler vorgegebenen Layern, ohne zusätzliche dynamische Abfragefunktionalitäten für den Nutzer. Eine Möglichkeit zur flexiblen Datendarstellung und zur direkteren Interaktion des Nutzers mit dem Datenbestand stellt daher RYLATT et al. (2001) vor. Er verbindet die Analysefähigkeit und Darstellungsflexibilität eines GIS mit energetischen Daten. Ziel war das Entwerfen eines Systems als Entscheidungshilfe zur Feststellung geeigneter solarthermischer Flächen. DORFER (2011) nutzte ebenfalls ein GIS-basiertes System, um anhand gerasterter Stadtflächen den Energiebedarf pro Rasterzelle bestimmen zu können. Obwohl sowohl DORFER (2011) wie auch RYLATT et al. (2001) 2D-Daten verwenden, bietet ihr Ansatz die Inspiration, um eine ähnliche Darstellungsflexibilität in der 3D-Visualisierung zu erreichen.

3 Kurzverfahren zur Ermittlung energetischer Parameter

Das GEKIS-Informationssystem verwaltet mehrere Gebäude innerhalb eines Stadtquartiers. Für die Bestimmung des Energiebedarfes dieser Gebäude sind nach ISELE et al. (2012) aufwendige Berechnungen nötig. Um diese zu reduzieren, wird ein von dem Institut Wohnen und Umwelt GmbH entwickeltes Verfahren für die Erstellung der Energieprofile von Gebäuden entsprechend LOGA et al. (2005) verwendet. Dieses bedeutet eine Vereinfachung in der Datenaufnahme und eine Reduzierung des Bilanzierungs- und Klassifikationsaufwandes für energetische Berechnungen. Das Verfahren wurde anhand eines Datenbestandes von über 4000 Bauwerken mit repräsentativen Anteilen verschiedener Gebäudetypologien entwickelt. Unter Verwendung dieses Kurzverfahrens unterteilt sich das Informationssystem in drei im Folgenden erläuterte Teilbereiche der Datenaufnahme und Generierung bauphysikalischer Parameter:

Schätzverfahren zur Ermittlung der thermischen Gebäudehülle

Anhand weniger Grunddaten erstellt dieses Verfahren Schätzwerte für die einzelnen Flächen der Bauteile. Dadurch kann ein genaues Aufmaß des Gebäudes vermieden werden. Als Basishypothese dient die Annahme, dass die Wohnfläche eines beheizten Geschosses proportional zur Länge des Gebäudes sei. Die Abweichung dieses Flächenschätzverfahrens liegt laut LOGA et al. (2005) bei $\sigma = 14,7\%$.

Inputparameter: Anzahl der Vollgeschosse und der beheizten Wohnfläche, Beheizungsgrad von Dach- und Kellergeschossen, Anbausituation (freistehend, einseitig oder beidseitig angebaut).

Outputparameter: Flächen für den unteren und oberen Gebäudeabschluss, Außenwandflächen und Fenster

Abschätzung der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte)

Um die thermische Gebäudehülle zu bewerten, werden Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) berechnet. Ebenfalls erfolgt eine Berücksichtigung der nachträglichen Dämmungen der Gebäudehülle.

Inputparameter: Baujahr bzw. Baualtersklasse eines Gebäudes, Art der Baukonstruktion (Massiv- oder Holzbauweise), nachträglich aufgebrachte Dämmschichten, Fensterverglasung (Doppel oder Einfach), Fenstereinbaujahr, Material des Fensterrahmens (Holz-, Kunststoff- oder Metallrahmen)

Outputparameter: Wärmedurchgangskoeffizienten der Konstruktion, Transmissionswärmeverlust, Primärenergiebedarf, Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) der Fenster

Ermittlung typischer Effizienzwerte der Anlagentechnik

Anhand von Angaben zur Anlagentechnik werden, unter Berücksichtigung der DIN V 4701-10 für die Teilsysteme zur Wärmeerzeugung und -verteilung, Pauschalwerte abgeleitet.

Inputparameter: Wärmeerzeugung (z. B. Niedertemperatur- oder Brennwertkessel), Brennstoff, Wärmeverteilung, Warmwassererzeugung

Outputparameter: Hilfs-, Nutz-, Primär- und Endenergiebedarf, Transmissionswärmeverluste, interne und passive solare Wärmegewinne

Auf Basis der Ausgabeparameter wird eine energetische Bilanzierung der Gebäude gemäß der DIN V 4108-6 (2003) durchgeführt. Zusätzlich werden neue Baualtersklassen gemäß THIEL und RIEDEL (2011) verwendet, da das von LOGA et al. (2005) entwickelte Verfahren laut ISELE et al. (2012) neuere Entwicklungen in der Gesetzgebung zur Energieeffizienz von Gebäuden nicht abbildet.

4 Systemarchitektur und Aufbau von GEKIS

Das Informationssystem dient der Datenverwaltung, Parameterberechnung und deren Visualisierung. Dazu werden serverseitig die bauphysikalischen Variablen berechnet und gespeichert. Bei Datenabruf durch den Nutzer erfolgt eine Verknüpfung der Variablen mit den im System gespeicherten 3D-Modellen und deren Einbindung in ein Google-Earth Browser Plugin. Dabei ist die Darstellung der 3D-Modelle abhängig von den vorher getätigten Nutzereingaben. Um eine Flexibilität in der Darstellung zu erhalten, werden vektorbasierte Modelle verwendet.

4.1 Erstellung und Verwaltung vektorbasierter Modelle

Die vektorbasierte Methode der Modellierung orientiert sich an dem Prinzip der Datenverwaltung und -analyse von Shapefiles in einem GIS. Diese erlauben eine dynamische Datenabfrage und Visualisierung. Daran angelehnt wurde ein flexibles 3D-Modell für die frei zugängliche 3D-Plattform Google Earth entwickelt. Diese in Abbildung 1 gezeigte Art der Darstellung besteht, im Gegensatz zu den massiven 3D-Objekten nach Vorbild von

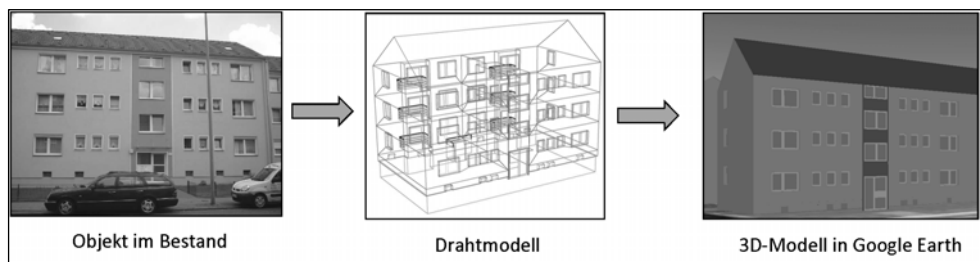


Abb. 1: Abstrakte Darstellung eines realen Objektes als 3D-Drahtmodell und dessen Visualisierung in Google Earth.

CityGML oder Collada, aus einer Kombination von Vektoren. Beim Auslesen aus der Datenbank werden diese als Polygone interpretiert. Jede dieser Polygonfläche kennzeichnet ein generalisiertes Bauteil und ist entsprechend Konstruktionsart, Adresse und Haustyp attribuiert. Abhängig von der Eingangsabfrage können Flächen selektiv, ohne zugehörigen Gebäudeteil, angezeigt werden. Durch das Festlegen unterschiedlicher Instandsetzungsszenarien wird die Dynamik der Ergebnisdarstellung erweitert. Die Speicherung der Geomet-

rien erfolgt als ASCII-String. Beim Auslesen aus der Datenbank werden über PHP die Geometrien in ein KML-Format umgewandelt.

4.2 Clientseitige Datenaufnahme und Koordinatenerzeugung

Das GEKIS-Informationssystem ist als Webanwendung konzipiert. Eine HTML-Oberfläche, wie in Abbildung 2 gezeigt, dient der Verwaltung von Nutzereingaben. Die dazu zur Verfügung stehenden Werkzeuge unterteilen sich in die Verwaltung der angelegten Gebiete, ein Modellierungswerkzeug für die vektorbasierten 3D-Gebäudemodelle und diverse Analysefunktionen. Wichtige Bestandteile dieser Oberfläche sind die Eingabeformulare zur Erhebung der Gebäudeattribute.

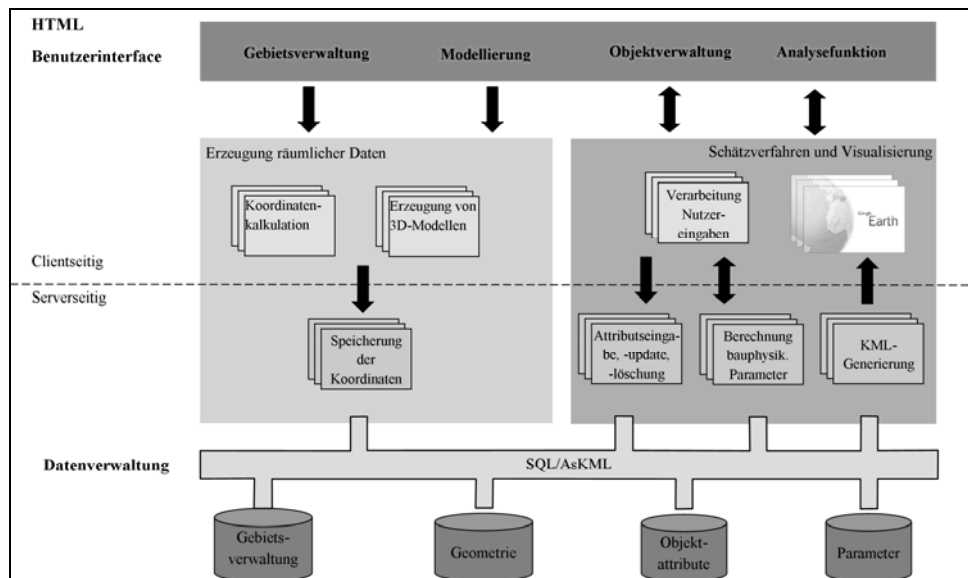


Abb. 2: Systemarchitektur des bauphysikalischen Informationssystems GEKIS.

Als Visualisierungswerkzeug dient ein in die HTML-Oberfläche integriertes Google Earth Browser Plugin. Dieses erlaubt, im Gegensatz zur Stand-Alone-Version, die Verknüpfung eigener Quellcodes mit dem Earth-Globe. Ebenfalls wird ein Eventlistener eingesetzt, welcher die Mausektion im Plugin registriert und in einen geographischen Koordinatenstring umwandelt. Der String dient in den Funktionen „Gebietserstellung“ und „3D-Modellierung“ zur Anlage geographischer Datensätze.

4.3 Serverseitige Datenverwaltung und Berechnung

Von der HTML-Oberfläche erhobene Informationen werden über PHP in einer PostgreSQL-Datenbank mit PostGIS-Erweiterung verwaltet. Vor der Speicherung der Daten erzeugt das Skript die bauphysikalischen Parameter. Diese werden mit den clientseitig übermittelten geographischen Koordinaten und bauphysikalischen Attributen in der Daten-

bank gespeichert. Im Zuge einer Abfrage werden diese energetischen Informationen mit der 3D-Geometrie verknüpft. Für die Datenausgabe werden die gewünschten Modelle und Attribute anhand des Primärschlüssels „Adresse“ aus der Datenbank selektiert. Genutzt wird dabei die PostgreSQL-Funktion *st_asKML*. Diese gibt die im ASCII-Format gespeicherten Koordinaten als ein mit KML-Tags versehenen String aus. Zusatzinformationen, wie Header und Style, werden innerhalb eines PHP-Wrappers definiert und dem String hinzugefügt. Entsprechend dem Wert des ausgewählten Parameters erfolgt eine Farbkodierung des Modells. Eine Google API bindet den erzeugten Outputstream in das Plugin ein. Die Datenbank verwaltet zudem verschiedene Instandsetzungsszenarien, welche über eine Simulationsfunktion zu jedem Objekt angelegt werden können.

5 Funktionen zur Gebäudeverwaltung und Szenarienanalyse

Neben der reinen Visualisierungsfunktion energetischer Gebäudedaten kann das System umfangreiche Datenbestände verwalten und mit bauphysikalischen Berechnungen verknüpfen. Es erstellt Aussagen über Transmissionswärmeverluste, Primärenergiebedarf und erlaubt das Anlegen mehrerer Instandsetzungsszenarien sowie deren Vergleich miteinander.

5.1 Gebäudemodellierung im Vektorformat

Obwohl das GEKIS-System auch ohne 3D-Modelle funktionieren kann, ist deren Anwendung zur Nutzung des vollen Funktionsumfangs zu empfehlen. So dienen diese 3D-Modelle als Projektionsfläche für die bauphysikalischen Parameter und arbeiten Informationen verständlich auf. Die Verwendung von Vektormodellen erlaubt eine selektive Auswahl einzelner Gebäudeobjekte aus dem Gesamtbestand und die farblichen Neuberechnung von deren Erscheinungsbildes basierend auf aktuellen Berechnungsergebnissen. Die dafür benötigten Modelle wurden bis dato aufwendig manuell erstellt und importiert. Als Alternative wird aktuell eine neue Funktion aufgebaut, welche eine systeminterne Modellgenerierung erlaubt. Diese benötigt als Inputinformation nur wenige, in jeder Bauzeichnung enthaltene Daten über die Gebäudelänge, -breite, die Geschosszahl und Dachform. Auf dieser Basis wird das Objekt innerhalb von Sekunden generiert und stellt eine vereinfachte Darstellung des realen Gebäudes dar.



Abb.3:
Manuell erstelltes Vektorenmodell.

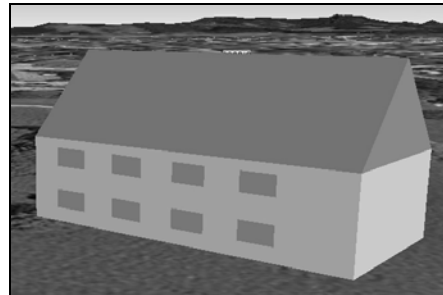


Abb.4:
Automatisch vom System generiertes Objekt.

Abbildung 4 zeigt eines dieser vom System generierten Modelle. Im Gegensatz dazu wird in Abbildung 3 ein manuell erstelltes Modell mit einem höheren Detaillierungsgrad bzw. ausmodellierten Fensterrahmen, Geländer und Türen gezeigt. Sowohl das manuell wie auch das systemintern erstellte Modell ist vektorbasiert und vom Informationssystem lesbar. Da die Funktion noch im Aufbau ist, wird ein höherer Detaillierungsgrad der generierten Objekte in der nächsten Systemversion angestrebt.

5.2 Verwaltung Einzelhausobjekte innerhalb des GEKIS-Systems

Die Attribute jedes Gebäudes werden über die Eingabemaske ins System aufgenommen und gespeichert. Parallel berechnet ein PHP-Skript die bauphysikalischen Parameter und übergibt diese zur Ergebnisdarstellung an die HTML-Oberfläche. Innerhalb des Earth Plugin wird das 3D-Modell, wie später noch gezeigt, farblich entsprechend des Primärenergiebedarfes kodiert. Zusätzliche Tabellen und Diagramme geben Auskunft über Wärmedurchgangskoeffizienten, Transmissionswärmeverluste und Energiebedarfe. Ein Beispiel dafür zeigt Abbildung 5.

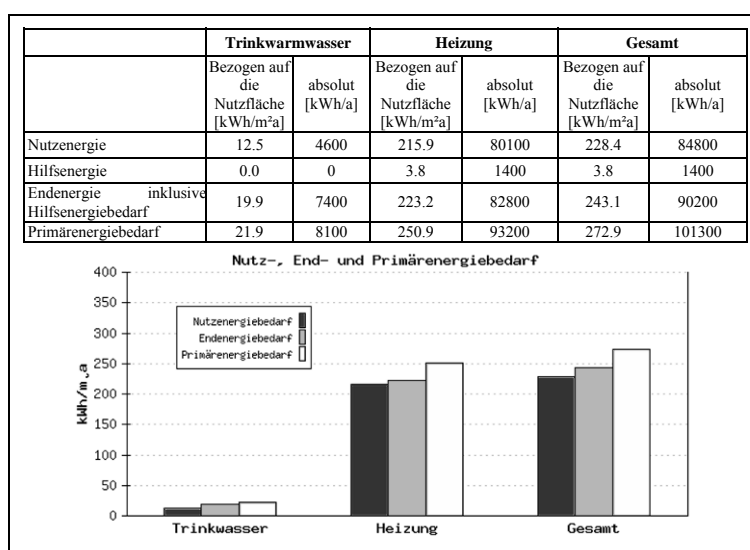


Abb.5: Tabellarische und graphische Präsentation des Energiebedarfes zu einem ausgewählten Hausobjekt.

In den Datenbestand wurde ein freistehendes, zweigeschossiges Vier-Familienhaus mit einer beheizten Wohnfläche von 855.5 m² aufgenommen. Unterteilt nach Trinkwarmwasser, Heizung und Gesamtbedarf wird der jeweilige Energiebedarf für das Objekt angezeigt. Mittels eines Simulationswerkzeugs können für dieses Gebäude verschiedene Instandsetzungsszenarien (z. B. nachträgliche Dämmung, neue Anlagentechnik oder Fenster) getestet werden. Bei den Simulationen wird der bisherige Datenbankbestand mit der neuen Eingabe verglichen. Es erfolgt eine Neukodierung des 3D-Objektes auf Basis des neuen Primärenergiebedarfes. Wie in Abbildung 6 erkennbar, vermindert sich aufgrund reduzierter U-Werte bei den Bauteilen „Aussenwand“ und „oberste Geschossdecke“ der Transmissionswärmeverlust von 1392,9 W/K auf 492,4 W/K. Neben der tabellarischen Darstellung können die Daten mit der 3D-Visualisierung verknüpft werden. Ebenfalls ist es möglich, verschiedene

Szenarien abzuspeichern und zu einem späteren Zeitpunkt miteinander zu vergleichen. So erlaubt das System die Auswahl der mit den größten monetären oder energetischen Einsparungen verbundenen Instandsetzungsmaßnahme.

Bauteil	Fläche [m ²]		U-Wert [W/m ² K]		Transmissions- wärmeverlust [W/K]		Anteil am gesamten Transmissions- wärmeverlust [%]	
	DB	Simulation	DB	Simulation	DB	Simulation	DB	Simulation
Dach	0.0	0.0	1.40(0%)/1.40(100%)	0.18(0%)/1.40(100%)	0.0	0.0	0.0	0.0
oberste Geschossdecke	218.6	218.6	2.10(0%)/2.1(100%)	0.18(0%)/2.1(100%)	367.2	31.9	26.4	6.5
Aussenwand	319.8	319.8	1.40(0%)/1.40(100%)	0.18(0%)/1.40(100%)	447.7	56.0	32.1	11.4
Fenster	98.6	98.6	3.00	3.00	295.8	195.8	21.2	60.1
Kellerwände	0.0	0.0	1.50(0%)/1.50(100%)	0.18(0%)/1.50(100%)	0.0	0.0	0.0	0.0
unterer Gebäudeabschluss	218.6	218.6	1.50(0%)/1.50(100%)	0.18(0%)/1.50(100%)	196.7	23.1	14.1	4.7
Wärmebrücken					85.6	85.6	6.1	17.4
Summe	855.5	855.5			1392.9	492.4	100.0	100.0

Abb.6: Vergleich Transmissions-wärmeverluste und U-Werte bei Simulation einer Dämmung von 20 cm.

5.3 Szenarien mit mehreren Gebäuden

Aus dem Datenbestand können selektiv einzelne oder mehrere Gebäude auf Basis bestimmter Parameter ausgewählt, dargestellt und unterschiedlichen Instandsetzungsszenarien unterzogen werden. Abbildung 7 eine mögliche Klassifikation zeigt anhand des Primärenergiebedarfes.



Abb.7: Anhand des Primärenergiebedarfes klassifizierte Flächen.

Aus dem dargestellten Gesamtbestand werden Gebäude innerhalb einer Wertespanne von 300 bis 400 kWh/m²a ausgewählt. Das Ergebnis der Auswahl zeigt Abbildung 8. Diese Darstellungsmethode wird ebenfalls beim selektiven Anzeigen der U-Werte von Fenstern oder Außenwänden verwendet. In den letzteren Fällen wird das gewünschte Objekt farblich hervorgehoben und alle anderen Flächen über die Style-Information das Attribut „transparent“ zugeordnet.

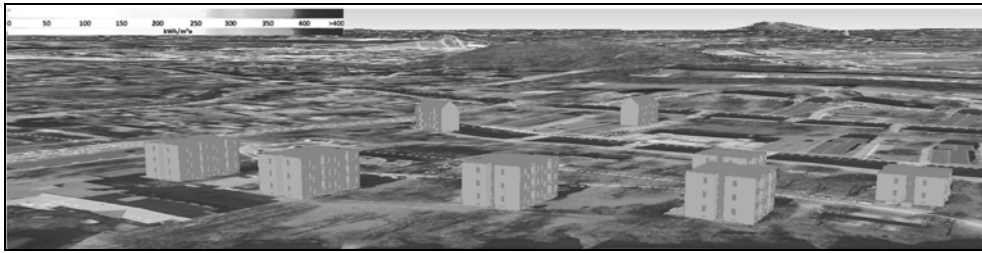


Abb.8: Selektion aus dem Gesamtbestand anhand des Kriterium „Primärenergiebedarf (kWh/m²a) größer 300 und kleiner als 400“.

6 Zusammenfassung

Die Visualisierung von 3D-Objekten ist eine in ihrer Beliebtheit zunehmende Technik zur Darstellung und Vermittlung energetischer Informationen. Die Neuheit an dem vorgestellten Informationssystem ist die erweiterte Flexibilität in der Visualisierung und die Berechnung komplexer bauphysikalischer Parameter mittels eines vereinfachten Verfahrens. Für den Nichtfachmann werden komplizierte Informationen verständlich aufbereitet. Die Verknüpfung komplexer Informationen mit 3D-Modellen ermöglicht eine erste Vorauswahl zur Entscheidung von Instandsetzungsmaßnahmen. Durch die Verwendung eines Webbrowsers mit integrierten Earth Plugin steht eine Technologie zu Verfügung, die keine teure Softwarepakete erfordert, sondern die Installation auf den Heimrechner ermöglicht. Zugleich ist der Anwender nicht von externen Daten abhängig, um 3D-Modelle für das System zu generieren, sondern kann diese eigenständig erzeugen. Darüber hinaus bietet die Verwendung vektorbasierter Modelle unzählige Möglichkeiten in der Visualisierung. Im Gegensatz zu bisher verwendeten Systemen ist diese Art der Darstellung fast unabhängig von Vorgaben des Entwicklers, sondern orientiert sich weitestgehend nur an den Wünschen des Nutzers. Einzelne Gebäudeteile oder Objekte aus großen Szenarien können dargestellt und einer Stadtquartier übergreifenden Simulation von Instandsetzungsszenarien unterzogen werden. Diese Funktion bietet besonders Besitzern mehrerer Immobilien oder Planern bzw. Bauingenieuren Vorteile. Die Verwaltung von großen Hausbeständen und die Planung von Instandsetzungsmaßnahmen werden durch dieses Entscheidungswerkzeug wesentlich erleichtert. Zukünftig Erweiterungen ergänzen das System um ökonomische Berechnungen, so dass auch monetäre Einsparungen je nach ausgewähltem Sanierungsszenario erkennbar werden. Mögliche Erweiterungen oder andere thematische Schwerpunkte sind nicht von der Hand zu weisen und erlauben einen optimistischen Blick in die Zukunft des Systems.

Danksagung

Wir danken dem BMFT (Programm FHprofUnt, Förderkennzeichen 170032X10) für die Unterstützung unseres Projektes sowie der „Immeo Wohnen Service GmbH“ für das zur Verfügung stellen ihrer Gebäudedaten.

Weitere Informationen zu dem Projekt unter : www.gekis.org

Literatur

- BERLIN BUSINESS LOCATION CENTER (2011), Flächendeckender Solaratlas Berlin ist online. Pressemitteilung vom 28.02.2011. Quelle: <http://www.businesslocationcenter.de>, 28.01.2013.
- DIN V 4108-6 (2003), Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- DIN V 4701 (2003), Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- EnEV (2009), Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparenden Anlagentechnik bei Gebäuden.
- DORFNER, J. (2011), GIS-based Mapping Tool of Urban Energy Demand for Room Heating and Hot Water. Urban Energy Conference. Debrecen, Hungary.
- EICKER, U., NOUVEL, R., SCHULTE, C., SCHUHMACHER, J., COORS, V. (2012), 3D-Stadtmodelle für die Wärmebedarfsberechnung. BauSIM 2012. Berlin.
- ISELE, A., HÖFKER, G., MÜLLER-SIEBERT, R., PRZYBILLA, H.-J. (2012), Entwicklung eines Gebäudeinformationssystems mit einem Bottom-Up-Modell zur Berechnung des Energiebedarfs von Stadtquartieren. BauSim 2012, Vierte deutsch-österreichische IBPSA Konferenz, Berlin.
- KADEN, R., KRÜGER, A., KOLBE, T.H. (2012), Intergratives Entscheidungswerkzeug für die ganzheitliche Planung in Städten auf der Basis von semantischen 3D-Stadtmodellen am Beispiel des Energieatlases Berlin. 32. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF. Potsdam.
- LEDOUX H., MEIJERS M. (2009), Extruding building footprints to create topologically consistent 3D city models, In: KREK, A., RUMOR, M., ZLATANOVA, S., FENDEL, E. (Hrsg.), Urban and Regional Data Management. UDMS Annual 2009. CRC Press.
- LOGA, T., DIEFENBACH, N., KNISSEL, J., BORN, R. (2005), Entwicklung eines vereinfachten, statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden. Institut Wohnen und Umwelt GmbH.
- RYLATT, M., GADSDEN, S., LOMAS, K. (2001), GIS-based decision support for solar energy planning in urban environments. Computers, Environment and Urban Systems, 25, 579-603.
- THIEL, D., RIEDEL, D. (2011), Typisierte Bauteilaufbauten – Präzisierung der Pauschalwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten aus der Bekanntmachung der Regeln der Datenaufnahme im Nichtwohngebäudebestand. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.