

Sachbericht

Förderkennzeichen:	17032X10
Zuwendungsempfänger:	Hochschule Bochum
Vorhabensbezeichnung:	Bauklimatisches Informationssystem auf der Basis von Google Earth (GEKIS)
Laufzeit:	1.7.2010 – 30.6.2013
Berichtszeitraum:	2011
Projektpartner:	Immeo Wohnen Service GmbH, Oberhausen KERN Ingenieurkonzepte, Berlin Fachhochschule Mainz Jade Hochschule, Oldenburg (vormals: Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven)

1. Wichtigste wissenschaftlich-technische Ergebnisse und wesentlicher Ereignisse

a. Ausgangssituation und Ziele des Projekts GEKIS

Ziel des Projektes GEKIS ist die Entwicklung, Anpassung, Erweiterung und exemplarische Anwendung von Verfahren der Informations- und Messtechnik zur Erfassung, Dokumentation und Analyse energetischer Gebäudedaten. Als Plattform für die Entwicklung des zu entwickelnden internetbasierten Gebäude-Informationssystems dient das global verfügbare System Google Earth.

Im Rahmen des Projektes soll die Gesamtheit zu evaluierender energetischer Gebäudedaten über eine Datenbankanbindung mit den dafür typischen Funktionen eines Informationssystems (Erfassung, Verwaltung, Datenanalyse und Visualisierung), in Google Earth integriert werden.

Mittels Visualisierung einzelner Gebäude, bis hin zu städtischen Szenarien, sollen dabei differenzierte bauklimatische Informationen nutzbar gemacht werden. Das zu entwickelnde Werkzeug soll allen, an Prozessen zur Gebäuderevision und -instandsetzung Beteiligten, eine fundierte Datenbasis liefern.

b. Erreichter Stand

Die Projektarbeiten des Jahres 2011 an der HS Bochum orientieren sich am aufgestellten Arbeitsprogramm, aufgeteilt in die Arbeitspakete AP 5 - 10. Während die Gebäudethermografien (AP5) umfangreich ausgeführt werden konnten, gab es auf Grund technischer und witterungsbedingter Probleme keine Möglichkeit die Luftbildthermografie durchzuführen. Diese Messungen werden mit Vorrang im Zeitraum Herbst/Winter 2012 erledigt.

Das gemeinsam mit dem Projektpartner, dem Immobilienunternehmen Immeo Wohnen Service GmbH, ausgewählte Testareal, die sogenannte „Knappensiedlung“ in Oberhausen/NRW, im Stadtteil Bermesfeld, wurde wie geplant für die Weiternutzung im Google Earth System vollständig geometrisch abgebildet. Einen Überblick über die Untersuchungsobjekte gibt Abb. 1.



Abb. 1: Schrägaufnahme des Untersuchungsgebietes mit 3D-Modellen der Gebäudeobjekte. Die Grafik in der oberen rechten Ecke zeigt exemplarisch eine detaillierte Aufnahme eines Objektes vom Typ Falkensteinstraße. Darstellungsplattform: Google Earth

Bearbeitungsstand Informationssystem

GEKIS Konzept

Als Basis für das GEKIS-Informationssystem liegt eine breitgefächerte Datenbasis mit Aussagen über Gebäudegeometrie und bauphysikalischen Attributen vor. Diese Daten dienen der Erstellung einer 3D-Visualisierungsebene. Auf dieser aufbauend entsteht das Informationssystem. Innerhalb einer Systementwicklungsphase werden Schnittstellen zwischen Datenbank, Servern und Clienten etabliert. Zusätzlich werden bauphysikalische Berechnungen in das System eingefügt, deren Resultate mit einem Analysetool ausgewertet werden. Dieses dient als Basis für energetische Simulationen. Abschließend soll das System im Hinblick auf Nutzerfreundlichkeit und Netzsicherheit optimiert und ausgebaut werden. Diese für das GEKIS-System elementaren Schritte zeigt die Abb. 2.

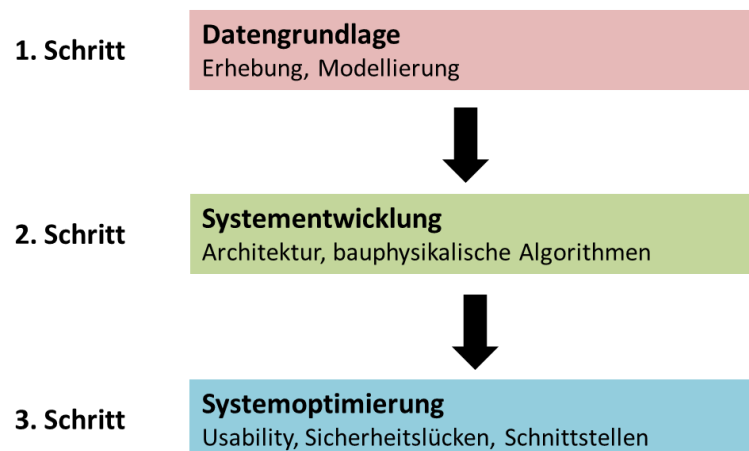


Abb. 2: Die Bauabschnitte zur Erstellung des GEKIS-Informationssystems

Datengrundlage

Innerhalb des Projektjahres 2011 wurde der vom Projektpartner zur Verfügung gestellte Datenbestand an Bauzeichnungen und Gebäudeinformationen gesichtet und ausgewertet. Fehlende Daten wurden mittels terrestrischem (TLS) oder luftgestütztem (ALS) Laserscanning erhoben.

Anhand der Bauzeichnungen und Laserscans konnten vektorbasierte Gebäudemodelle mit einem Level-of-Detail-Wert (LOD) von 3 (STADLER ET AL. 2009) erstellt. Diese vektorenbasierte Darstellungsart zeichnet sich durch eine hohe Dynamik aus (MÜLLER-SIEGERT & PRZYBILLA 2012) und erlaubt eine flexible visuelle Informationsaufbereitung. So können nicht nur einzelne Objekte oder Objektbestandteile selektiv dargestellt, sondern auch deren Farbeigenschaften attributiv einem Farbschema zugeordnet werden. Dabei wird zwischen einer realitätsnahen (z. B. für Präsentationszwecke) und einer auf Attributen basierenden Farbgebung unterschieden. Diese Klassierung sowie die Zuordnung zu einem farblichen Schema werden auf der Programmierenebene vorgenommen. Umfangreiche textuelle und modellertechnische Aufarbeitungen sind bei veränderten Sachbestand nicht mehr notwendig. Der Bearbeitungsaufwand reduziert sich auf eine einzelne Programmierzeile. Exemplarisch wird dies in den folgenden Abbildungen gezeigt. Während Abb. 3 eine entsprechend der realen Farbgebung aufgearbeitete Darstellung zeigt, basieren die in Abb. 4 verwendete Dachfarben auf einer aus den Dacheigenschaften berechneten Solareignung.



Abb. 3: Realitätsnahe Farbdarstellung. Der Farbwert ist jedem Objekt als Standardeinstellung zugeordnet.

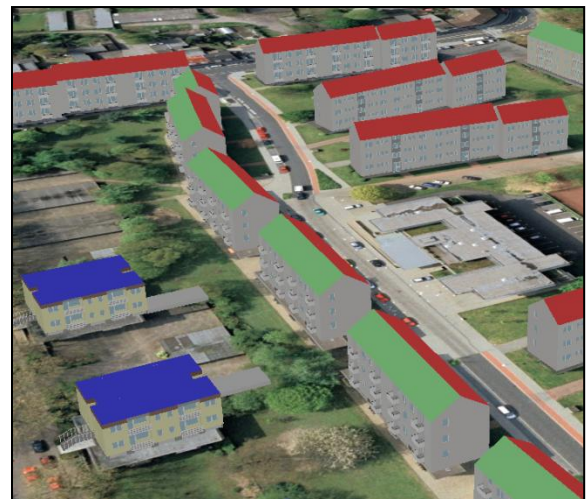


Abb. 4: Anhand der Dachattribute (hier: Solareignung) klassifizierte Dachflächen. Grün stellt gut geeignete Flächen, rot schlecht geeignete und blau Flachdächer dar.

Ein dem realen Vorbild entsprechender Farbwert liegt jedem Objekt als Standardeinstellung zugrunde. Der attributiv determinierte Farbwert dagegen wird dynamisch, anhand der Nutzereingaben und der Objekteigenschaften berechnet. Diese Eigenschaft ist im Falle der Solarklassifikation der Grad der Dachneigung und der Azimutwinkel. Die Zuordnung der Farbwerte basiert auf vorher im Quellcode festgelegten Wertespanssen. Diese erlauben eine dynamische Anpassung an technische und wissenschaftliche Fortschritte. Bei dem Beispiel Solarpotential würde eine Optimierung der bisherigen Solartechnik (z. B. Ausnutzung höherer Neigungswinkel), keine Neutexturierung der Objekte verlangen. Anstelle dessen wäre nur eine unter minimalen Zeitaufwand vorgenommene Veränderung des Quellcodes notwendig.

Als Basis für später erfolgende mikroklimatische Untersuchungen wurde ein Baumkataster (Abb. 5) erstellt. Für diesen wurden mehrere Geländetage zur kartographischen Erfassung der einzelnen Baumstandorte veranschlagt. Ebenfalls wurden zu jedem Baum Informationen zu Stammumfang, Baumschutz, Baumhöhe und Kronendurchmesser erfasst. Die beiden letzteren Werte wurden nicht im Gelände, sondern anhand von luftgestützten Laserscandaten erhoben. Zusätzlich wurde auf Wunsch des Projektpartners Immeo Wohnen GmbH der Grad der Beschädigung der Bäume miterfasst. Die kartierten Daten wurden innerhalb eines GIS-Systems digitalisiert und als Basis für bauphysikalische Bachelorarbeiten verwendet.



Abb. 5: Ausschnitt aus dem Baumkataster. Anzeige der nach Baumart farblich klassifizierten Baumstandorte.

Systementwicklung

Der Abschnitt der Systementwicklung beschäftigt sich mit dem Erstellen des Informationssystems, dem Aufbau der Systemarchitektur und der Generierung sowie Einbindung der notwendigen Funktionen und Berechnungen. Die Erstellung einer vorläufigen Systemarchitektur, die Auswahl von PostgreSQL/Postgis als Datenbank und des Google Earth Plugin als Visualisierungsebene, erfolgte bereits im Zeitraum 02/2011-04/2011 (AP 1). Im aktuellen Projektjahr wurde dieses System verfeinert und den Erfordernissen des Projektes angepasst. Dazu gehören:

- a.) Einrichtung grundlegender Abfrage und Darstellungsfunktionen
 - Selektive Anzeige einzelner Hausobjekte und Bauteile
 - Attributbasierte Darstellung (z. B. Solarkataster, Anzeige von U-Werten, etc.)
- b.) Eingabe und Verwaltung von Bestandsdaten
- c.) Analyse- und Simulationsfunktionen auf Basis von bauphysikalischen Berechnungen

Die grundlegenden Funktionalitäten (a) wurden bereits vollständig in das System integriert. Diese beinhalten neben einer selektiven Anzeige einzelner Gebietsaspekte auch den Einbau eines Solarkatasters. Zur Verwaltung des Datenbestandes (b) wurden mehrere Eingabemasken erstellt. Diese dienen der Neuanlage und Pflege der Objektdaten. Wie in Abb. 6 sichtbar, werden diese Funktionen innerhalb einer HTML-Oberfläche verwaltet.

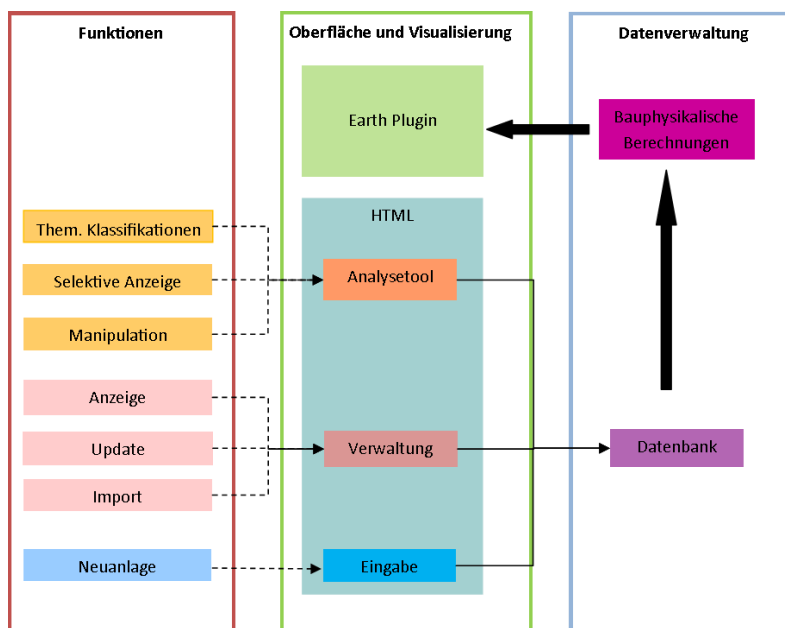


Abb. 6: Funktionen des GEKIS-Informationssystems (Stand 04/2012). Innerhalb einer HTML-Oberfläche befinden sich unterschiedliche Tools, welche das Neuanlegen, Aktualisieren und Verwalten eines Datenbestandes erlauben. Je nach Nutzeraktion werden die gewünschten Informationen aus der Datenbank abgerufen und innerhalb eines Google Earth Plugin visualisiert.

Von dieser aus erfolgt der Zugriff auf die Datenbank und die Darstellung der Ergebnisse in dem Google Earth Plugin. Die dazugehörige HTML-Oberfläche (Abb. 7) besteht aus mehreren Eingabedokumenten zur Berechnung des Flächenschätzverfahrens sowie der Parameter der Anlagentechnik. Ein Ausgabefeld zeigt das Hausobjekt in 3D und ordnet dieses zeitgleich in einen dem Jahresprimärenergiebedarf entsprechenden Farbschema ein.

Aktuell werden bauphysikalische Berechnungen im Zuge eines Kurzverfahrens (vgl. Kap. Bearbeitungsstand Bauphysik) in das System eingepflegt. Auf Basis dieser Berechnungen werden bereits einige Szenarien und Simulationen (c) zur Kalkulation des Primärenergiebedarfes und bauphysikalischer Parameter getestet.

The screenshot shows a web-based interface for energy profile calculation. On the left is the 'Eingabeformular Energieprofil' (Energy Profile Input Form) with sections for building details, roof type, basement, and insulation. On the right is a 3D view of a house model in Google Earth, with a color scale indicating energy demand from 0 to 400 kWh/m². Below the 3D view is a table of calculated parameters.

	Alter U-Wert	Neuer U-Wert
Dach:	1.4	1.4
Geschoss:	0.8	0.26667
Keller:	1.5	1.5
Wand:	1.4	0.31111
Fenster:	3	3.0
Transmissionswärmekoeffizient	54634.41	72293.1
Transmissionswärmekoeffizient auf MF	114.79	

Primärenergiebedarf: 300

Abb. 7: Systemoberfläche in HTML. Links die Eingabemaske für das Flächenschätzverfahren, rechts die Ausgabe in 3D. Datengrundlage und Vorbild für die Maske: LOGA ET AL. 2005.

Folgearbeiten (Systemoptimierung)

Im Zuge des Abschnittes Systemoptimierung wird eine Aufwertung des Systems unter dem Aspekt der Sicherheit und Usability erfolgen. In Bezug auf sicherheitstechnische Erwägungen wird das System einer Intranet-Umgebung angepasst. Dazu sollen basierend auf der BSI-Leitlinie (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2007) zur Internet-Sicherheit (ISI-L) mögliche Angriffe auf die Datenbank und auf Nutzerdaten verhindert werden. Notwendig dafür sind eine entsprechende Absicherung der Inhalte der Webanwendung sowie eine Verschlüsselung der Nutzereingaben.

Im Hinblick auf die Nutzerfreundlichkeit wurde bereits mit den Projektpartner Immeo Wohnen GmbH mögliche Schnittstellen und Optimierungen zur Erstellung und Verwaltung der 3D-Gebäudemodelle diskutiert. Aktuell verwendet das System vektorbasierte Modelle, welche zahlreiche Darstellungsvorteile bieten, aber umständlich manuell modelliert werden müssen. Angedacht ist nach fortgeschrittenem Projektstand dies durch eine weitere Eingabemaske zu lösen, welche dem Nutzer das Generieren eigener Objekte erlauben soll.

Diese Neugenerierung soll entweder auf Basis eines bestehenden Datenbestandes, wie z. B. eines 2D-CAD-Planes oder aber durch Parametereingaben (Länge, Breite, Höhe, Geschosszahl) des Nutzers erfolgen. Alternativ bestehen Überlegungen die Verwendbarkeit von CityGML (vgl. auch <http://www.citygml.org>) nach Vorbild von STADLER ET AL. (2009) innerhalb des Systems zu testen. Wichtig ist dabei, dass die alternativ verwendete Datenlage ebenfalls eine hohe Dynamik und Flexibilität in der Darstellung besitzt. Auch sollten bestimmte, vom thematischen Schwerpunkt des Systems abhängende, Objekteigenschaften dem Modell bereits zugeordnet sein. Bisher gebräuchliche Modelle, wie Collada oder CityGML, werden von Google Earth als ein einzelnes

Objekt, synonym zu einer Placemark interpretiert. Unterteilungen dieses einzelnen Objektes in mehrere Komponenten müssten vorher vom Modellierer festgelegt werden. Da dieser Ansatz visuell zwar erhebliche Vorteile bietet, die Analysemöglichkeiten aber erheblich beschränkt, müssten alternativ verwendete Modelle ein gewisses Maß an Dynamik und Flexibilität in der Darstellung besitzen. Aktuell ist dies nur mit Vektormodellen möglich. In Folgearbeiten soll getestet werden, inwieweit alternative Darstellungsmöglichkeiten einen ähnlichen Effekt erzielen können. Im Vordergrund steht das Ziel eine Methode zu finden, die sowohl modellier-, wie auch programmier-technisch schnell umsetzbar ist und wenig Aufwand für den späteren Anbieter bedeutet.

Bearbeitungsstand Bauphysik

Ziel des GEKIS-Projektes ist die Entwicklung eines Gebäudeinformationssystems zur Erfassung, Verwaltung, Analyse und Visualisierung von bauphysikalischen Gebäudedaten. Dabei soll ein Entscheidungswerkzeug entstehen, mit dem verschiedene Instandsetzungsmaßnahmen innerhalb eines ganzen Stadtquartiers oder innerhalb von gezielt ausgewählten Gebäuden des Bestandes untersucht werden können. Als wesentliche Kenngröße zur Einschätzung von Instandsetzungsvarianten dient der Energiebedarf bzw. der Energieverbrauch eines Gebäudes. Während der Energiebedarf eine Rechengröße darstellt, die für ein Gebäude unter standardisierten Randbedingungen für klimatische Verhältnisse und Nutzergewohnheiten ermittelt wird, handelt es sich beim Energieverbrauch um von den Bewohnern tatsächlich genutzte Energieeinheiten. Gemäß HERTL ET AL. (2005) kann es zwischen den berechneten Energiebedarfskennwerten und den tatsächlichen Energieverbrauchskennwerten insbesondere bei kleineren Wohneinheiten zu erheblichen Abweichungen kommen. Diese Differenz wird bei größeren Mehrfamilienhäusern bei Betrachtung des Gesamtgebäudes zwar kleiner, allerdings kann gemäß HERTL ET AL. (2005) von einem bekannten realen Verbrauch nicht auf einen nutzerunabhängigen Bedarf geschlossen werden. Ein Verbraucher kann somit unter anderem aufgrund des unterschiedlichen Nutzerverhaltens weder mit Hilfe des Energiebedarfes noch des Energieverbrauches die persönlichen künftigen Energiekosten verlässlich abschätzen. Darüber hinaus eignet sich der Energieverbrauchskennwert gemäß DENA (2011) nicht, um auf die energetische Qualität eines Gebäudes zu schließen. Allerdings zeigt sich gemäß BMVBS (2011) bei einer Evaluierung von ausgestellten Energieausweisen für Wohngebäude, dass die Fehleranfälligkeit bei der komplexen Berechnung des Energiebedarfes größer als bei der Ermittlung des tatsächlichen Energieverbrauches ist. Dies ist unter anderem in der Verwendung unterschiedlicher Software-Programme und in Annahmen für die Energieeffizienz der Heizungsanlage und die Wärmedurchgangskoeffizienten der Baukonstruktion, die aus fehlerhaften Informationen resultieren, begründet. Dennoch sind gemäß DENA (2011) Energiebedarfskennwerte zur Beurteilung möglicher Einsparpotenziale für Gebäude sehr wertvoll. Darüber hinaus kann gemäß BMVBS (2011) die Fehleranfälligkeit beim als höherwertig geltenden Energiebedarfsausweis durch Vereinfachungen reduziert und dessen Reliabilität verbessert werden.

Für das Untersuchungsgebiet in Oberhausen stehen Energieverbrauchskennwerte für etwa 50% der Gebäude zur Verfügung. Zwar handelt es sich dabei um größere Wohneinheiten, bei denen von einer vergleichsweise geringen Differenz zwischen Energieverbrauch und Energiebedarf ausgegangen werden kann, jedoch kann mit Hilfe dieser Angaben nur etwa die Hälfte des Gebäudebestandes im Untersuchungsgebiet erfasst werden. Da darüber hinaus auf der Basis von Energieverbrauchswerten Angaben von Einsparpotenzialen nur bedingt möglich sind, ist für das Informationssystem zusätzlich der Energiebedarf der Gebäude berechnet worden. Dazu ist das Software-Paket Dämmwerk 2011 des Projektpartners Kern Ingenieurkonzepte verwendet worden. Mit den Informationen zu Gebäudebestand des Immobilienunternehmens Immeo Wohnen GmbH konnten die aus Bauplänen und Fotodokumentationen erforderlichen Eingabeparameter zur Gebäudegeometrie ermittelt werden. Außerdem sind aus den vorhandenen Bauzeichnungen die wesentlichen Baukonstruktionen entnommen worden. Aus weiteren Angaben zu bereits durchgeführten energetischen Instandsetzungsarbeiten an Fenstern, Außenwänden sowie oberen und unteren Gebäudeabschlüssen konnten für den gesamten Gebäudebestand die Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile bestimmt werden. Eine detaillierte Beschreibung der in den Gebäuden vorhandenen Anlagentechnik ermöglichte eine Evaluierung ihrer Energieeffizienz. Für die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes konnten für mit Fernwärme versorgte Häuser Primärenergiefaktoren für die Heizenergie von $f_p = 0,34$ von der Energieversorgung Oberhausen EVO, dem örtlichen Energieversorgungsunternehmen, ermittelt werden.

Um die Ergebnisse der Energiebedarfsberechnung einordnen zu können, sind für die Gebäude, bei denen Energieverbrauchsausweise vorliegen, Energiebedarf und Energieverbrauch miteinander verglichen worden. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden die Bauwerke in Anlehnung an die energetische Qualität der thermischen Gebäudehülle und der Anzahl der Geschosse in Gebäudetypen klassifiziert. Unabhängig vom Gebäudetyp ist das Baujahr der einzelnen Häuser zwischen 1950 und 1960.

- Unter Typ 1 sind Gebäude zusammengefasst, die eine nachträgliche Dämmung der Außenwand in Form eines Wärmedämmverbundsystems mit einer Dämmstoffdicke von 8 cm und eine Dämmung der obersten Geschossdecke mit einer Dämmstoffdicke von 10 cm erhalten haben. Die dreigeschossigen Häuser bieten Raum für sechs Wohnungen.
- Gebäude des Typs 2 weisen die gleichen Konstruktion der Bauteile wie Gebäudetyp 1 auf, hier finden sich jedoch vier Geschosse und somit acht Wohnungen wieder.
- Typ 3 bezeichnet dreigeschossige Gebäude, die nur eine nachträglich aufgebrachte Dämmung der Außenwände aufweisen.
- Bei Bauwerken des Typs 4 sind bisher keine energetischen Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt worden. Es handelt sich hierbei um 1,5-geschossige Häuser mit vier Wohnungen.

Der Vergleich des Jahres-Endenergiebedarfes für Heizwärme und des tatsächlich gemessenen Jahres-Endenergieverbrauchs der vier Gebäudetypen ist in Abb. 8 grafisch dargestellt. Für die untersuchten Gebäude ist eine hohe Korrelation zwischen Energieverbrauch und Energiebedarf bei allen Typen erkennbar. Die größten Abweichungen finden sich bei Gebäudetyp 4 wieder. Bezogen auf den Energiebedarf beträgt die Differenz zwischen Verbrauch und Bedarf 12%. Dies kann darin begründet sein, dass es sich bei Gebäuden des Typs 4 um die wenigsten Wohneinheiten sowohl innerhalb der einzelnen Gebäude als auch absolut, bezogen auf alle Gebäudeklassen, handelt. Darüber hinaus lagen für die Bauwerke dieses Typs keine Baupläne oder Beschreibungen der Baukonstruktionen vor. Die Unsicherheit in den Annahmen für die Wärmedurchgangskoeffizienten ist daher hier am größten.

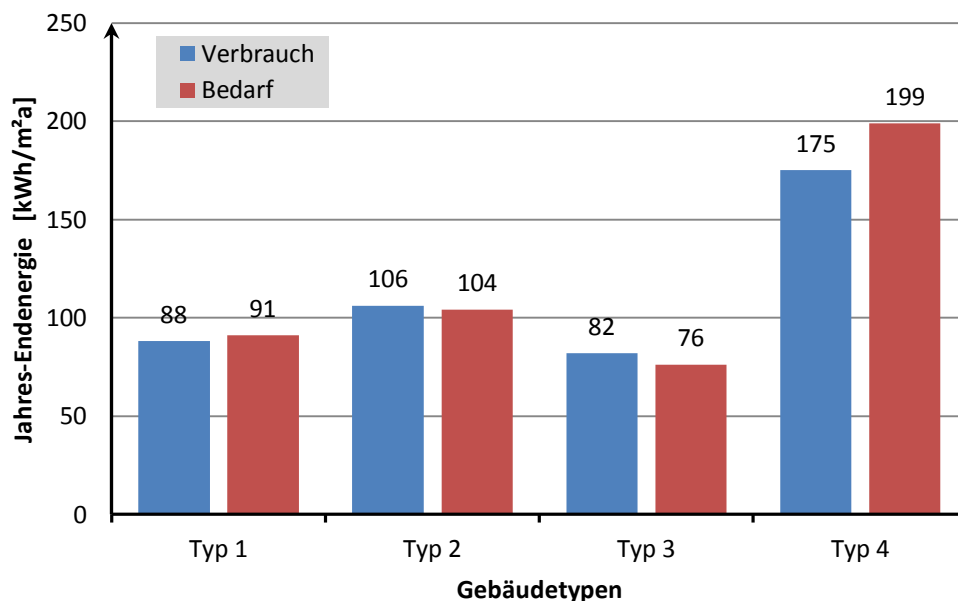


Abb. 8: Vergleich des berechneten Jahres-Endenergiebedarfs für Heizwärme mit den tatsächlich gemessenen Verbräuchen für verschiedene Gebäudetypen des Untersuchungsgebietes Knappenviertel in Oberhausen der Immeo Wohnen GmbH

Die Ergebnisse aus den Energiebedarfsberechnungen für den Gebäudebestand liefern entscheidende Eingabedaten für das Informationssystem. Neben dem Nutz-, End- und Primärenergiebedarf der Gebäude geben insbesondere Zwischenergebnisse, wie etwa der spezifische Transmissionswärmeverlust, die Anteile an den Transmissionswärmeverlusten einzelner Bauteile oder die Energieeffizienz der Anlagentechnik, Aufschluss über geeignete Instandsetzungsmaßnahmen. Im Laufe der Bearbeitung zeigte sich jedoch, dass die Berechnung

des Energiebedarfes besonders wegen der Notwendigkeit zusätzliche Softwarepakete zu verwenden, und aufgrund der Komplexität der Berechnungen, eine Implementierung der Ergebnisse innerhalb des Informationssystems ungeeignet ist. Ständiges Aktualisieren der Gebäudedaten ist angesichts des Aufwandes und der Fehleranfälligkeit bei der Übertragung der Daten nicht praktikabel. Zwischen unvollständigen und nutzerabhängigen Energieverbrauchsdaten einerseits und zeitintensiven, fehleranfälligen und mit einer gesonderten Software auszuführenden Energiebedarfsberechnungen andererseits ist daher für die Umsetzung innerhalb des Informationssystems ein geeigneter Kompromiss zu erarbeiten. Auf der Basis des von LOGA ET AL. (2005) entwickelten vereinfachten Verfahrens sollen daher bauphysikalische Gebäudedaten generiert und der Energiebedarf anhand weniger, im Datenbestand von Immobilienunternehmen stets vorhandener Informationen abgeschätzt werden. Die wesentlichen Vorteile dieses Verfahrens liegen in der geringen Anzahl von Eingabeparametern und einer vergleichsweise einfachen Programmierung innerhalb des Informationssystems selbst, sodass zusätzliche Software überflüssig wird. Darüber hinaus bietet die Eingabeprozedur der Gebäudedaten die Möglichkeit einer übersichtlichen und anwenderfreundlichen Verwaltung ohnehin vorhandener Informationen zur Baukonstruktion, Anzahl der Wohneinheiten, Geometrie, Energieträger für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung, Art der Wärmeversorgung und anderen.

Das von LOGA ET AL. (2005) entwickelte Kurzverfahren verfolgt das Ziel, Vereinfachungen in der Datenaufnahme zu realisieren und somit den Aufwand energetischer Bilanzierungen und Klassifizierungen größerer Gebäudebestände zu reduzieren. Es gliedert sich in drei Teilbereiche der Datenaufnahme, die jeweils Ergebnisse für die notwendigen Inputparameter von Energiebedarfsberechnungen liefern. Diese sind ein Schätzverfahren für die Ermittlung von Flächen der thermischen Gebäudehülle, die Bestimmung der Wärmedurchgangskoeffizienten einzelner Bauteile sowie die Bestimmung der Gesamtenergiedurchlassgrade von Verglasungen und die Erhebung von Daten zur Energieeffizienz der Anlagentechnik. Die Zielsetzungen dieses Projektes decken sich in wesentlichen Punkten mit den Zielsetzungen des Forschungsprojektes GEKIS, sodass bei der Weiterentwicklung des Kurzverfahrens nur geringe Änderungen, wie etwa eine detailliertere Darstellung der Wärmeversorgung durch Fernwärme oder die Berechnung des beheizten Luftvolumens von Gebäuden, zur Anpassung auf die Inhomogenität des vorliegenden Untersuchungsgebietes erforderlich sind. Bei der Generierung der Gebäudedaten wurde insbesondere Wert darauf gelegt, dass eine aufwändige Begehung von Gebäuden zur Datenaufnahme nicht erforderlich ist.

Im ersten Schritt werden aus zwei geometrischen Daten eines Gebäudes, der beheizten Wohnfläche und der Anzahl der Vollgeschosse, Flächen der thermischen Gebäudehülle abgeschätzt. Zur Korrektur dieser ersten Abschätzung sind zusätzlich Angaben zum Grad der Beheizung von Keller und Dachgeschoss erforderlich. Im Falle eines beheizten oder teilweise beheizten Dachgeschosses wird außerdem ein Zuschlag für vorhandene Dachgauben vergeben. Gestreckte Grundrisse von Gebäuden, bei denen der Umfang gegenüber eines Quadrates mehr als 120% beträgt, oder verwinkelte Grundrisse werden mit einer vergrößerten Außenwandfläche berücksichtigt. Schließlich fließt die Anbausituation eines Gebäudes in die Flächenschätzung mit ein. Dabei wird zwischen freistehend, einseitig oder zweiseitig angebaut unterschieden. Mit Hilfe dieser generellen Daten, die ohne detaillierte Kenntnisse über ein Gebäude angegeben werden können, lassen sich schließlich Flächen für den unteren und oberen Gebäudeabschluss, die Außenwandflächen und die Fenster generieren. Das Verfahren ist anhand eines Datenbestandes von über 4000 Bauwerken mit repräsentativen Anteilen verschiedener Gebäudetypologien entwickelt worden. Die Standardabweichung des Flächenschätzverfahrens weist gemäß LOGA et al. (2005) einen Wert von $\sigma = 14,7\%$ auf.

Den generierten Hüllflächen sollen im nächsten Schritt die für energetische Bilanzierung eines Gebäudes notwendigen Wärmedurchgangskoeffizienten zugeordnet werden. Wesentliche Eingangsgrößen zur Bestimmung dieser bauphysikalischen Parameter sind das Baujahr des Gebäudes bzw. dessen Baualtersklasse und die Art der Baukonstruktion. Bei der Art der Baukonstruktion ist die Unterscheidung zwischen Massiv- und Holzbauweise ausreichend, um den Bauteilen entsprechend ihres Alters einen typischen Wärmedurchgangskoeffizienten zuzuschreiben. Nachträglich aufgebrachte Dämmschichten werden mit Hilfe einer Modifikation der ursprünglichen Wärmedurchgangskoeffizienten berücksichtigt. Für die Definition bauphysikalischer Eigenschaften der Fenster sind zusätzliche Angaben erforderlich. Hierbei ist insbesondere die Art der Verglasung ein entscheidender Einflussfaktor. Eine Kategorisierung in Einfach- oder Doppelverglasungen ist für die thermische Qualität substantiell. Anhand der Verglasungsart und dessen Einbaujahres ist zusätzlich eine Abschätzung des

Gesamtenergiedurchlassgrades möglich. Über die Informationen zur Verglasung hinaus, ist die Kenntnis über das Material des Fensterrahmens erforderlich. Dabei wird zwischen Holz-, Metall- und Kunststoffrahmen unterschieden.

Das von LOGA ET AL. (2005) entwickelte Verfahren zur Bestimmung bauphysikalischer Eigenschaften bildet allerdings die neueren Entwicklungen in der Gesetzgebung zur Energieeffizienz von Gebäuden nicht ab. Für das Informationssystem ist es daher erforderlich weitere Baualtersklassen einzuführen. In Anlehnung an Pauschalwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten im Nichtwohngebäudebestand gemäß THIEL & RIEDEL (2011) werden dazu die Baualtersklassen von 2002 bis 2006 und von 2007 bis zum aktuellen Zeitpunkt verwendet. Auch wurden die Werte für die pauschalen Wärmedurchgangskoeffizienten für den Nichtwohngebäudebestand gemäß THIEL & RIEDEL (2011) im Gebäudeinformationssystem verwendet und somit auf Wohngebäude übertragen. Die Abweichung der thermischen Qualität von Außenbauteilen neuer Gebäude wird als gering eingeschätzt, insbesondere weil beim Nachweis der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden gemäß EnEV 2009 bei Wahl des Referenzgebäudeverfahrens für die Außenwände, erdberührte Bauteile, Fenster und Dächer die gleichen Wärmedurchgangskoeffizienten der Referenzbauteile verwendet werden.

Für eine energetische Bilanzierung eines Gebäudes ist über die geometrischen und bauphysikalischen Informationen hinaus noch die Bewertung der vorhandenen Anlagentechnik notwendig. Ziel des von LOGA ET AL. (2005) vorgestellten Verfahrens zur Beurteilung der Energieeffizienz der Heizwärme- und Trinkwarmwasserversorgung ist es, Aussagen über Bestandsgebäude ohne Begehung einzelner Häuser und Wohnungen durchführen zu können. Dabei geht es nicht um eine detaillierte Beurteilung der Qualität der Anlagentechnik, sondern um die Ermittlung typischer Effizienzwerte eines entsprechenden Anlagensystems. Für die Berechnung sowohl der Wärmeverluste bei der Verteilung und Speicherung als auch der notwendigen Hilfsenergie für die Bereitstellung von Trinkwarmwasser und Raumwärme werden Repräsentanten benannt, deren nach DIN V 4701 ermittelten Berechnungsergebnisse auf alle Gebäude entsprechender Gebäudekategorien übertragen wird. Gleiches gilt für die Wärmeerzeuger. Hier wird die Anlagenaufwandszahl entsprechend des Anlagenalters und der Erzeugerart abgestuft nach Ein- und Mehrfamilienhaus angegeben.

Mit Hilfe der generierten geometrischen, bauphysikalischen und anlagentechnischen Daten kann eine energetische Bilanzierung zur Ermittlung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfes einzelner Gebäude durchgeführt werden. Da die ermittelten Informationen aufgrund verschiedener Schätzvorgänge Unsicherheiten bezüglich ihrer Richtigkeit aufweisen, ist es nicht sinnvoll, zur energetischen Bilanzierung Berechnungsverfahren hoher Genauigkeit anzuwenden. Aus diesem Grund wird im Gebäudeinformationssystem die vereinfachte Berechnung des Energiebedarfes mit dem Heizperiodenbilanzverfahren gemäß DIN V 4108-6 implementiert. Dabei handelt es sich um eine Bilanzierung der Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle, der Lüftungswärmeverluste, der internen Wärmegewinne und der passiven solaren Wärmegewinne über verglaste Flächen. Anhand der Heizperiodenlänge wird mittels Gradtagzahl der Nutzenergiebedarf bestimmt. Die vereinfachten Anlagenkennwerte werden dazu verwendet, End- und Primärenergiebedarf eines Gebäudes für Heizung und Trinkwarmwasser zu ermitteln.

Nach Übertragung der von der Immeo Wohnen GmbH zur Verfügung gestellten Gebäudedaten in das Informationssystem können diese Angaben nicht nur auf übersichtliche Weise verwaltet werden. Vielmehr bietet sich die Möglichkeit, nach verschiedenen Attributen, wie etwa dem Baujahr der Häuser, der energetische Qualität der Fenster, dem spezifischen Transmissionswärmeverlust und vielen weiteren Eigenschaften zu selektieren und die Ergebnisse der Abfrage durch den Internetbrowser auf der Oberfläche von Google Earth zu visualisieren. Wegen des implementierten Berechnungsverfahrens können Analysen von verschiedenen Instandsetzungsmaßnahmen und deren Auswirkungen auf den Energiebedarf der gesamten Selektion und somit bis hin zu gesamten Stadtquartieren durchgeführt werden. Somit stellt das entwickelte Informationssystem ein Bottom-Up-Modell zur Simulation ganzer Wohnsiedlungen bis hin zu Gemeinden und Städten dar. Bei ausreichend umfangreicher Datengrundlage sind somit Variantenanalysen mit hoher Genauigkeit zu erwarten. Allerdings ist die tatsächliche Genauigkeit durch Feldversuche zunächst zu ermitteln.

Zum aktuellen Zeitpunkt sind die Verfahren zur Abschätzung der Flächen und zur Generierung der Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile bereits im Informationssystem enthalten. Außerdem ist eine Berechnung des Nutzenergiebedarfes möglich. Bevor die Funktion des gesamten Berechnungsmodells evaluiert werden kann, muss in weiteren Schritten zunächst die Pauschalisierung der Anlagentechnik programmiert technisch umgesetzt werden. Zur Evaluation

eignen sich insbesondere die Ergebnisse aus den Energiebedarfsberechnungen der Gebäude, die mit Hilfe der Software Dämmwerk 2011 ermittelt worden sind und die teilweise vorhandenen Angaben zu den Energieverbräuchen.

Neben den Arbeiten zur Umsetzung des Berechnungsmodells zur Energiebedarfsbestimmung sind Untersuchungen über die mikroklimatischen Verhältnisse innerhalb des Untersuchungsgebietes durchgeführt worden. Dabei wurde das Ziel verfolgt, Informationen über die Wirkungen mikroklimatischer Einflüsse auf den Gebäudebestand oder einzelne Gebäude zu generieren und als weitere Parameter in das Informationssystem einfließen zu lassen. Nach Arbeiten, etwa von SANTAMOURIS ET AL. (2001), ALI-TOUDERT (2010) oder BRUSE & SCHUSTER (2008), können die Auswirkungen von klimatischen Bedingungen in urbanen Räumen im Vergleich zu ländlichen Gebieten erheblichen Einfluss auf den Energiebedarf eines Gebäudes haben. Insbesondere die veränderten physikalischen Eigenschaften der Oberflächen, wie etwa die Wärmespeicherefähigkeit oder das Absorptionsverhalten bei kurzwelliger und langwelliger Strahlung, aber auch die Verdunstungskühlung und Abschattung von Vegetation spielen bei der Entstehung von mikroklimatischen Verhältnissen eine Rolle. Darüber hinaus wird durch Stadtstrukturen die Rauigkeit der Erdoberfläche modifiziert, was neben den veränderten physikalischen Eigenschaften auch eine Vergrößerung der Oberflächen zur Folge hat. Zusätzlich können unterschiedliche Oberflächenrauigkeiten windinduzierte Luftbewegungen beeinflussen.

Mit Hilfe numerischer Strömungssimulationen ist von ZIARNA (2012) für das Untersuchungsgebiet eine Parameterstudie zur Abschätzung der Bedeutsamkeit verschiedener Einflussfaktoren durchgeführt worden. Dazu ist im Rahmen einer studentischen Abschlussarbeit ein Ausschnitt des Oberhausener Knappenviertels in dem dreidimensionalen Simulationsprogramm ENVI-met abgebildet worden. Insgesamt 17 Häuser zwischen der Königsberger Straße und Alte Heid, die sich aufgrund ihrer Nähe zueinander aus klimatischer Sicht beeinflussen, wurden dabei berücksichtigt. In dem gewählten Teilgebiet finden sich außerdem Grünflächen mit Vegetation aber auch versiegelte Asphaltoberflächen wieder. Abb. 9 zeigt einen Ausschnitt sowohl im Luftbild des Untersuchungsgebietes als auch dessen Übertragung in das Computerprogramm.



Abb. 9: Vergleich des Untersuchungsgebietes mit dem im Simulationsprogramm ENVI-met erstellten Computermodell zur Durchführung einer Parameterstudie über mikroklimatische Einflussfaktoren in urbanen Gebieten (ZIARNA 2012)

Ausgehend vom Basismodell sind schrittweise die Oberflächen von nicht bebauten Gebieten vollständig mit Grünflächen, Asphalt bzw. Vegetation versehen worden, um die Veränderungen der Lufttemperatur im Tagesverlauf zu unterschiedlichen Jahreszeiten unmittelbar vor der Fassade des in Abb. 9 dargestellten mittleren Hauses zu untersuchen. Als weitere Parameter wurden auch die Wärmeabgabe der einzelnen Bauwerke, also die thermische Qualität der Gebäudehülle, und die Höhe der Bebauung variiert. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass die untersuchten Parameter sich teilweise erheblich auf die Lufttemperatur in unmittelbarer Umgebung des mittleren Gebäudes auswirken. Dabei traten Temperaturunterschiede der

unterschiedlichen Szenarien von bis zu 4 K auf. Allerdings nehmen die simulierten Temperaturunterschiede mit zunehmender Höhe über dem Erdboden ab, bis sie schließlich oberhalb des Gebäudes vollständig verschwinden. Außerdem lassen sich Änderungen in den Lufttemperaturen insbesondere im Sommer beobachten, während die Temperaturunterschiede im Winter auch zwischen den extremen Varianten nicht mehr als 0,5 K betragen. Daher ist davon auszugehen, dass sich der Einfluss des Mikroklimas im Fall des vorliegenden Untersuchungsgebietes auf den Energiebedarf der Gebäude kaum auswirkt. Da es sich bei den Gebäuden um nicht klimatisierte Bauwerke ohne Kühlenergiebedarf handelt, spielen die geringen mikroklimatischen Veränderungen während der Winterzeit für den Jahres-Primärenergiebedarf eine untergeordnete Rolle. Dieser Fragestellung wird jedoch aktuell in einer weiteren Abschlussarbeit mittels Kombination aus Mikroklimasimulation und thermischer Gebäudesimulation nachgegangen. Besonders die Bedeutung von reduzierten solaren Wärmegewinnen aufgrund von Verschattungen der Fenster durch Vegetation und anderen Gebäuden soll hierbei genauer untersucht werden. Gemäß KESTEN ET AL. (2010) sind die Auswirkungen auf den Heizenergiebedarf auch in gemäßigten Breiten teilweise erheblich.

Ein weiteres Ziel des GEKIS-Projektes ist die Einbindung von Thermografieaufnahmen der Fassaden und Dächer aller Gebäude des Untersuchungsgebietes. Zur Verwendung von Thermografieaufnahmen als Datenquelle für überschlägige Wärmedurchgangskoeffizienten konnten durch Untersuchungen von HEINZE (2011) noch keine abschließenden Ergebnisse erzielt werden. Insbesondere die Berücksichtigung instationärer Prozesse durch Wärmespeicherung in den Bauteilen stellt hier eine besondere Herausforderung dar. Im Zuge der weiteren Datenaufnahme mittels Thermografiekamera wird von HOOPS (2012) der Einfluss verschiedener Fassadenkonstruktionen auf dessen Bewuchs mit Algen und Pilzen analysiert. Aufgrund der Größe des Untersuchungsgebietes eignet sich diese Arbeit zur statistischen Auswertung des Einflusses der Ausrichtung von Fassaden und des unmittelbaren Bewuchses durch Bäume und Sträucher. Möglicherweise können hierdurch Rückschlüsse auf die mikroklimatischen Verhältnisse und die Ergebnisse von ZIARNA (2012) gezogen werden. Abb. 10 zeigt eine Fassade mit einem Wärmedämmverbundsystem als Digitalfoto im Vergleich mit einer Infrarotaufnahme. Während des Winters 2011/12 konnten innerhalb dieser Studie Thermografien von etwa 40% der Fassaden des Untersuchungsgebietes erstellt werden, die direkt ins Informationssystem integrierbar sind. Die übrigen Fassaden und Dächer werden im nächsten Winter 2012/13 bei ausreichend großen Temperaturunterschieden zwischen Innenraum- und Außenlufttemperaturen aufgenommen.

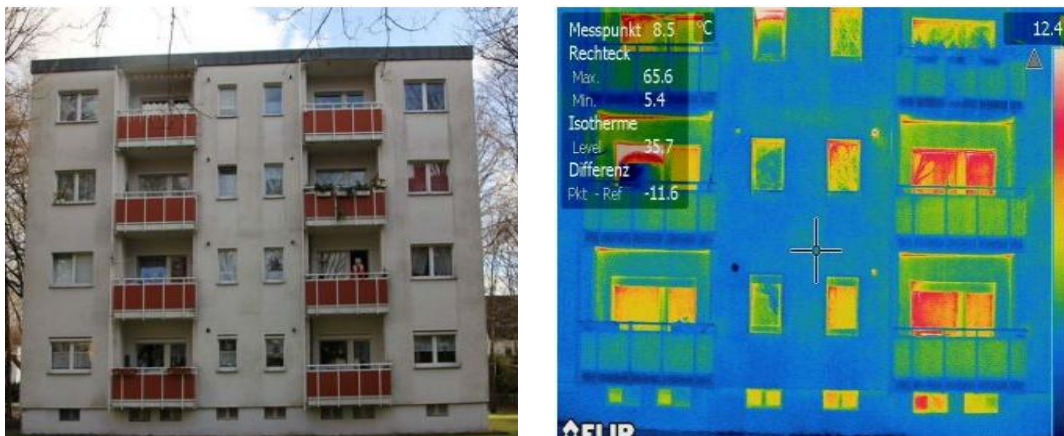


Abb. 10: Digitalfoto und Thermografieaufnahme einer mit Algen und Pilzen bewachsenen Fassade mit Wärmedämmverbundsystem aus dem Untersuchungsgebiet Knappenviertel der Immeo Wohnen GmbH in Oberhausen (Hoops 2012)

Folgearbeiten

Nach der programmiertechnischen Umsetzung zur Bestimmung der Energieeffizienz der Anlagentechnik und zur Berechnung des End- und Primärenergiebedarf von Gebäuden ist die Analysefunktion des Informationssystems zu evaluieren. Dazu sollen die vorhandenen Verbrauchsdaten und Energiebedarfsberechnungen herangezogen werden. Bei der Evaluierung soll insbesondere überprüft werden, in welchem Maße sich das Baujahr eines Hauses zur Bestimmung der Wärmedurchgangskoeffizienten eignet. Gebäude von Baualtersklassen aus der

Vorkriegszeit sind teilweise im Ruhrgebiet nach 1945 mit völlig unterschiedlichen Baukonstruktionen neu errichtet worden, dennoch wird das Baujahr der Häuser häufig unter den ursprünglichen Errichtungsdaten vor dem zweiten Weltkrieg geführt. Möglicherweise ist zur Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten die Verwendung einer modifizierten Baualtersklasse besser geeignet. Zusätzlich sind für mögliche Selektionen des Untersuchungsgebietes anhand verschiedener Attribute sinnvolle Klassifizierungen verschiedener Parameter, wie etwa die Anlagenaufwandszahl der Heizungsanlage oder der Wärmedurchgangskoeffizienten der Fenster, zu definieren.

c. Zusammenfassung

Die geplanten Arbeiten des Berichtszeitraums sind in allen wesentlichen Teilen ausgeführt worden.

Die Datengrundlage wurde vervollständigt und die Erhebung derselben abgeschlossen. Auf dieser Basis erfolgte die Modellierung der 3D-Hausmodelle des Testgebietes, welche später als Visualisierungsgrundlage innerhalb des Systems dienen. Parallel dazu wurde das GEKIS-System ausgebaut und die Datenbankstruktur weiter etabliert. Serverseitig laufende Skripte zur Regelung des Datenbankzugriffes und zur Objektgenerierung wurden verfeinert. Neben der Erstellung einer umfassenden Eingabeoberfläche wurde mit der Integration bauphysikalischer Berechnungen in das System begonnen. Hier ist insbesondere die Umsetzung des Kurzverfahrens nach LOGA ET AL. 2005 zur Bestimmung der Energieeffizienz der Anlagentechnik und zur Berechnung des End- und Primärenergiebedarf von Gebäuden zu nennen. Die entsprechenden Berechnungsergebnisse werden so aufgearbeitet, dass innerhalb eines Plugins eine farbcodierte 3D-Darstellung ausgegeben wird. Erste Simulationen und Analysen wurden im Kontext dazu zum Testen dieses Prototypes bereits durchgeführt. Im weiteren Verlauf des Projektes steht der Abschluss der Systementwicklung im Vordergrund sowie die Anpassung des GEKIS-Informationssystems an Standards der Netzsicherheit und an die Wünsche des Projektpartners.

d. Literatur

Ali-Toudert, F. (2010): Kombinierte Stadtklima- und Gebäudeenergiemodellierung zur Bestimmung des Energiebedarfes von urbanen Gebäuden. BauSim - Third German-Austrian IBPSA Conference, Vienna

Brinkhoff, T. (2007): Open-Source-Geodatenbanksysteme. Datenbank-Spektrum, Heft 22, Verlag: dpunkt, August 2007, S. 37-43.

Brinkhoff, T. (2008): Geodatenbanksysteme in Theorie und Praxis: Einführung in objektrelationale Geodatenbanken unter besonderer Berücksichtigung von Oracle Spatial. Verlag: Wichmann. ISBN 9783879074723.

BMVBS (Hrsg., 2011): Evaluierung ausgestellter Energieausweise für Wohngebäude nach EnEV 2007, BMVBS-Online-Publikation 01/2011

Bruse, M.; Schuster, H. (2008): Mikroklimasimulation ergänzend zur Gebäudesimulation. BauSim - Second German-Austrian IBPSA Conference, Kasse

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2007): Sichere Anbindung von lokalen Netzen an das Internet (ISi-LANA)- BSI-Leitlinie zur Internet-Sicherheit (ISi-L). Quelle: https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Internetsicherheit/isi_lana_leitlinie_pdf.pdf?__blob=publicationFile. Letzter Zugriff: 27.4.2012.

Coors, V. & Zipf, A. (Hrsg.): 3D-Geoinformationssysteme, Grundlagen und Anwendungen, Verlag: Wichmann; Auflage: 1 (Dezember 2004), ISBN-13: 978-3879074112

DENA (2011): Für einen qualitätsgesicherten Energieausweis – ein Plädoyer, Deutsche Energie-Agentur GmbH, Berlin

DIN V 4701: Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin

DIN V 4108-6 (2003): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfes. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin

- EnEV (2009): Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparenden Anlagentechnik bei Gebäuden – Energieeinsparverordnung 2009
- Heinze, S. (2011): Die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten anhand von Infrarot-Thermografie. Hochschule Bochum, Bachelorarbeit, unveröffentlicht
- Hertl, H.; Duscha, M.; Eisenmann, L.; Bliss, U. (2005): Verbrauchs- oder Bedarfspass? Anforderungen an den Energiepass für Wohngebäude aus Sicht privater Käufer und Mieter. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
- Hoops, M. (2012): Algen und Pilze auf Wärmedämmverbundsystemen. Hochschule Bochum, Bachelorarbeit, unveröffentlicht
- Kesten, D.; Tereci, A.; Eicker, U. (2010): A Method to Quantify the Energy Performance in the Urban Quarters. Proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings, New York USA
- 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
- Müller-Siegert, R.; Przybilla, H.-J.; Isele, A. & Höfker, G.: Die Verwendung der Google Earth API als Basis für ein bauklimatisches Informationssystem. In: Weisbrich, S. & Kaden, R. (2011): Entwicklerforum Geodäsie und Geoinformationstechnik 2011. Berlin, 6. und 7. Oktober 2011, ISBN: 978-3-8440-0875-3. S. 151-160.
- Müller-Siegert, R.; Przybilla, H.-J.: 3D-Gebäudemodelle für die Bauphysik. In: Löwer, M.-O.; Hillen, F.; & Wohlfahrt, R. (2012): Geoinformatik 2012 „Mobilität und Umwelt“ 28.-30. März 2012, Braunschweig, Konferenzband, ISBN: 978-3-8440-0888-3, S. 155-170.
- Müller-Siegert, R.; Przybilla, H.-J.: 3D-Informationssysteme für die Bauphysik: Ein alternativer Ansatz der Gebäudemodellierung. In: Seyfert, E. (2012): Erdblicke-Perspektiven für die Geowissenschaften. 32. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, 14.-12. März 2012, Potsdam. ISBN: 0942-2870. S. 187-194.
- Obe, R. & L. Hsu (2011): Postgis in Action. Verlag: Mannig. ISBN 9781935182269
- Papakostas, I. (2010): Datenbankentwicklung mit PostgreSQL 9. Verlag: TEIA AG, ISBN: 978-3942151061.
- Salminen, A. & Tompa, F. (2011): Communicating with XML. Springer Verlag, ISBN: 978-1461409915.
- Santamouris, M.; Papanikolaou, N.; Livada, I.; Koronakis, I.; Georgakis, C.; Argiriou, A.; Assimakopoulos, D. N. (2001): On the Impact of Urban Climate on the Energy Consumption of Buildings. Solar Energy, Vol. 70, No. 3, 201-216
- Stadler, A., Nagel, C., König, G. & T. Kolbe, Making Interoperability Persistent: A 3D Geo Database Based on CityGML. In: Lee, J. & S. Zlatanova (Hrsg.) (2009): 3D GeoInformation Science. Springer Verlag, ISBN: 978-3642099519.
- 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
- Wehrle, A. & G. Schrotter (2007): Integration von Geodatensätzen in Google Earth: Erarbeiten eines unabhängigen Informationssystems. Geomatica Suisse, 6/2007, Zürich, S. 298ff.
- Zoller, J. (2002): Internetbasiertes Gebäudeinformationssystem. Aufbau eines Prototyps für die Fachhochschule München. Der Vermessungsingenieur X/02. München. S. 176 ff.
- Ziarna, R. (2012): Mikroklimasimulationen eines bebauten Gebiets mit ENVI-met. Hochschule Bochum, Bachelorarbeit, unveröffentlicht

e. Veröffentlichungen

- Bäumker, M. & Przybilla, H.-J. (2011): Investigations on the quality of the navigation data of Unmanned Aerial Vehicles using the example of the system MikroKopter.

Proceedings of the International Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics (UAV-g), Vol XXXVIII-1/C22, Zurich, Switzerland, September 14-16, 2011, ISSN 1682-1777, Editors: H. Eisenbeiss, M. Kunz and H. Ingensand

Isele, A.; Höfker, G.; Cook, M.: Numerical Study on the CO₂ Distribution in a Naturally Ventilated Space. Building Simulation 2011, Sydney Australia, November 14-16

Isele, A.; Höfker, G.; Müller-Siegert, 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, 19.-21. September 2012

Müller-Siegert, R.; Przybilla, H.-J.; Isele, A. & Höfker, G.: Die Verwendung der Google Earth API als Basis für ein bauklimatisches Informationssystem. In: Weisbrich, S. & Kaden, R. (2011): Entwicklerforum Geodäsie und Geoinformationstechnik 2011. Berlin, 6. und 7. Oktober 2011. ISBN: 978-3-8440-0875-3. S. 151-160.

Müller-Siegert, R.; Przybilla, H.-J.: 3D-Informationssysteme für die Bauphysik: Ein alternativer Ansatz der Gebäudemodellierung. In: Seyfert, E. (2012): Erdblicke-Perspektiven für die Geowissenschaften. 32. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF, 14-12. März 2012, Potsdam. ISBN: 0942-2870. S. 187-194.

Müller-Siegert, R.; Przybilla, H.-J.: 3D-Gebäudemodelle für die Bauphysik. In: Löwer, M.-O.; Hillen, F.; & Wohlfahrt, R. (2012): Geoinformatik 2012 „Mobilität und Umwelt“ 28.-30. März 2012, Braunschweig, Konferenzband. ISBN: 978-3-8440-0888-3. S. 155-170.

Kriechel, B.; Kleine-Reidick, B.; Melle, B.; Melle, S. (2012): Virtueller Nachweis: Bauklimatisches Informationssystem auf Basis von Google Earth. Publikation in der Reihe: Projekt „Lebendige Forschung an Fachhochschulen in NRW“

2. Vergleich aktueller Stand mit ursprünglicher Arbeits-, Zeit- und Ausgabenplanung

a. Arbeitsplanung

Der aktuelle Stand des Arbeitsplanes hat die Phasen 5 bis 10 der ursprünglichen Arbeitsplanung im Wesentlichen realisiert.

b. Zeitplanung

Es sind keine wesentlichen Änderungen in den zeitlichen Planungen erforderlich. Der auf Grund anfänglicher Probleme bei der Personaleinstellung eingetretene Projektverzug von ca. 1 Quartal konnte weitestgehend aufgeholt werden.

c. Ausgabenplanung

Die realisierten Ausgaben entsprechen weitestgehend den Projektplanungen.

3. Änderung der Aussichten für das Erreichen der Vorhabensziele

Die Aussichten auf das Erreichen der Ziele haben sich nicht geändert.

4. Relevante Ergebnisse von dritter Seite

Von dritter Seite gab es keine relevanten Ergebnisse für das Projekt. Der Dialog mit Vertretern der Anwenderdisziplinen auf Fachkonferenzen bestätigte die Notwendigkeit des Projektes.

5. Nötige oder voraussichtliche Änderungen in der Zielsetzung

Die Zielsetzung hat sich grundsätzlich nicht geändert.

6. Fortschreibung des vorläufigen Verwertungsplans

a. Wirtschaftliche Verwertung aus Sicht der Hochschule und ggf. aus Sicht Dritter

Die Wirtschaftliche Verwertung ist zu diesem Projektzeitpunkt nicht anders als im Antrag formuliert einzuschätzen.

b. Wissenschaftlich/Technische Verwertung aus Sicht der Hochschule und ggf. Dritter

Die Wissenschaftlich/Technische Verwertung ist zu diesem Projektzeitpunkt nicht anders als im Antrag formuliert einzuschätzen.

c. Wissenschaftliche und wirtschaftliche Folgeentwicklungen/-projekte aus Sicht der Hochschule und ggf. Sicht Dritter

Wissenschaftliche und wirtschaftliche Folgeentwicklungen sind zu diesem Projektzeitpunkt nicht anders als im Antrag formuliert einzuschätzen.

d. Wissenstransfer

In einem Projektseminar für Studenten des sechsten Semesters mit der Vertiefungsrichtung Bauphysik wird geprüft, wie sich das bereits entwickelte Gebäudeinformationssystem erweitern lässt. Dabei steht die Nachhaltigkeit von Baukonstruktionen im Fokus der Diskussion. Neben den technischen Faktoren sollen ökologische, ökonomische und soziokulturelle Aspekte auf eine geeignete Verwendung innerhalb des Informationssystems bewertet werden. Dabei wird auch eine Abbildung der Behaglichkeit des Innenraumklimas der Gebäude als weitere Information untersucht.

Im Rahmen einer Masterarbeit werden die mikroklimatischen Auswirkungen auf den Energiebedarf eines Gebäudes auf der Grundlage der Ergebnisse von ZIARNA (2012) weiter untersucht. Dabei sollen neben CFD-Simulationen auch Techniken der thermischen Gebäudesimulation verwendet werden. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Modifikation von Wetterdatensätzen als Basis der thermischen Gebäudesimulation und auf den Einfluss von Verschattungen auf den Heizenergiebedarf der Gebäude im Untersuchungsgebiet Knappenviertel gelegt.

MA-Arbeiten:

Müller-Siegert, R. (2012): 3-D-Funktionalitäten energetischer Gebäudemodelle auf Basis von hochaufgelösten Fernerkundungsdaten. Hochschule Anhalt, unveröffentlicht

BA-Arbeiten:

Heinze, S. (2011): Die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten anhand von Infrarot-Thermografie. Hochschule Bochum, Bachelorarbeit, unveröffentlicht

Hoops, M. (2012): Algen und Pilze auf Wärmedämmverbundsystemen. Hochschule Bochum, Bachelorarbeit, unveröffentlicht

Ziarna, R. (2012): Mikroklimasimulationen eines bebauten Gebiets mit ENVI-met. Hochschule Bochum, Bachelorarbeit, unveröffentlicht

7. Darstellung der Zusammenarbeit mit den Projektpartnern

Die Zusammenarbeit mit den Projektpartnern verläuft problemlos und effizient. Allerdings hat sich der Partner FLIR aufgrund personeller Veränderungen im Unternehmen aus dem Projekt zurückgezogen. In diversen Gesprächen wurden mit den Partnern Vorgehensweisen diskutiert und einvernehmlich abgestimmt. Der Informationsaustausch mit dem Partner Immeo Wohnen Service GmbH findet kontinuierlich statt.

Für die thermografischen Luftaufnahmen sollen UVAs zum Einsatz kommen. Da FLIR als Partner nicht mehr zur Verfügung steht werden aktuell alternative Möglichkeiten zur Bereitstellung geeigneter Infrarotkameras geprüft.

Die Kooperationen sind insgesamt als angenehm und reibungslos zu bezeichnen.