

6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung

Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude

Primärdatenerhebung zur Erfassung der Struktur und der energetischen Qualität des Nichtwohngebäudebestands in Deutschland
(ENOB:dataNWG)

Berechnung der Hüllflächen aller Gebäude in der Stichprobe

André Hartmann (IÖR), Michael Hörner (IWU), Markus Rodenfels (IWU)

Erstmals wurden im Projekt ENOB:dataNWG Geobasisdaten genutzt, um die Auswahlgrundlage für eine repräsentative Stichprobenerhebung in der bisher unbekanntem Grundgesamtheit der Nichtwohngebäude in Deutschland zu schaffen. Mit Hilfe geoinformatischer Methoden konnten so auch die Hüllflächen (richtungsbezogene Aufsummierung der Fassadenfläche je Gebäude) und weitere geometrische Eigenschaften für alle im Screening definierten Gebäude berechnet werden. Das eröffnet die Möglichkeit einer erwartungstreuen Schätzung von Flächen und Volumina des gesamten Gebäudebestands in Deutschland. Diese Projekt-information gibt einen kurzen Überblick der Ergebnisse, erläutert die Vorgehensweise, benennt die Probleme, die dabei auftraten, und zeigt, wie diese gelöst werden konnten.

Vorbereitung der Berechnung

Ausgangssituation nach dem Screening

Wesentliche Aufgabe in der ersten Erhebungsphase, dem Screening, war es, aus den Hausumringen als Erhebungseinheiten die eigentlichen Untersuchungseinheiten, die Gebäude, zu bilden. Nach der Ziehung der Stichprobe¹ von 100.000 Hausumringen wurden deren Orte aufgesucht, um zu ermitteln, ob ein Hausumring tatsächlich ein Gebäude ganz oder teilweise überdeckt. In den meisten Fällen (60,4% der Stichprobe) entsprach die Fläche eines Stichproben-Hausumrings der Grundfläche eines vor Ort befindlichen Gebäudes, in ca. 36 % der Fälle überdeckte sie nur einen Teil des Gebäudes und in knapp 1% der Fälle wurden vor Ort auf der Fläche des Stichproben-Hausumrings mehrere Gebäude vorgefunden (Busch 2020).

In über einem Drittel der Fälle wurden deshalb gemäß Gebäudedefinition in ENOB:dataNWG (Busch, Müller 2020) zwei oder mehr Hausumringe zu einem Gebäude vereinigt und in knapp einem Prozent der Fälle wurde die Geometrie eines Hausumrings manuell geteilt, um darauf mehr als ein Gebäude abzubilden.

Bereinigung topologischer Inkonsistenzen

War der für die Screening-Vorbereitung verwendete Datensatz aller Hausumringe in Deutschland (HU-DE)² so aufbereitet, dass die Polygone weder Überlappungen noch

¹ Zum Design der Stichprobe siehe (Cischinsky 2020), https://datanwg.de/fileadmin/user/iwu/200616_IWU_E1-4-5_Stichprobe_Modellierung_und_Ziehung_ohneKap4_.pdf

² Die verwendeten Geobasisdaten Hausumringe Deutschland (HU-DE) haben den Datenstand April 2015 (Ausgabezeitpunkt durch die Zentrale Stelle für Hauskoordinaten und Hausumringe (ZSHH)).

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung

Weberplatz 1
01217 Dresden

Tel: +49 (0)351 /4679-210
Fax: +49 (0)351 / 4679-240

Projektleiter:
Dr. Gotthard Meinel

Projektmitarbeiter:
Dr. Martin Behnisch
André Hartmann
Dr. Robert Hecht
Martin Schorch
Steffen Schwarz

Projektdaten

Forschungsdatenbank
Nichtwohngebäude
(ENOB:dataNWG)

Laufzeit:
Dezember 2015 bis
Mai 2021

Fördermittelgeber:

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen
03ET1315

Projekthomepage
www.datanwg.de

Partner:



DataNWG-Projektinfo 6
Stand: September 2020

Selbstüberschneidungen aufwies, erzeugte die Bearbeitung der Hausumringe zwecks Definition der Gebäude neue topologische Fehler, die ebenfalls bereinigt werden mussten. Zum einen entstanden bei der Aufteilung eines Hausumrings auf mehr als ein Gebäude gelegentlich unbeabsichtigte Überlappungen (vgl. Abbildung 1) bzw. Artefakte, die in den Ursprungsdaten nicht vorhanden waren.

Abbildung 1: Beispiel einer Überlappung. Über eine Reihenhauslage wurde ein neues Polygon (markiert) eingefügt, welches nicht Bestandteil der Ursprungsdaten war.



Zum anderen traten Probleme auf, wenn Umringe zu Gebäuden zusammengefasst wurden, die geometrisch nicht zusammenhingen. Schon in den Rohdaten kann es vorkommen, dass zwischen eigentlich direkt benachbarten Gebäudeteilen, die durch getrennte Hausumringe abgebildet werden, sehr kleine Abstände vorhanden sind. Oft liegen die Distanzen zwischen den Hausumringen im Bereich von Millimetern bis Dezimetern. Diese Lücken können bereits bei der amtlichen Datenaufnahme entstehen. In wenigen Fällen liegt die Ursache aber auch in der Bearbeitung der Geometrien im Screening.

Ein auf Einzelfälle beschränktes semantisches Problem entstand, wenn versehentlich weiter entfernt liegende Hausumringe zu einem Gebäude vereinigt wurden. Das kam vor, weil die Zuordnungen vom Screening-Personal vor Ort am Smartphone getroffen werden musste und es dabei gelegentlich zu Bedienungsfehlern kam. Abstände bis zu mehreren hundert Metern traten auf.

Die aus dem Screening oder durch den Lückenschluss entstandenen Überlappungen wurden mit demselben Algorithmus beseitigt wie zu Beginn des Projektes zur Rohdatenaufbereitung. Lücken wurden durch eine automatisierte Snap-Editierung an Kanten und Vertices bis zu einem Abstand von 10 Zentimeter geschlossen. Dieser Schwellwert wurde gewählt, da er dem Bereich der Genauigkeit luftbildgestützter Gebäudeeinmessungen entspricht. Abstände größer ein Meter wurden durch das Projektteam der Bergischen Universität Wuppertal (BUW) manuell nachbearbeitet. Etwa 200 Gebäude mit Lageungenauigkeiten zwischen 0,1 und 1 Meter sind in der Projektdatenbank mit dem Qualitätsindikator quali_I

= 0 gekennzeichnet. Sie eignen sich nicht zur Berechnung von Fassadenflächen, können aber zur Berechnung eines Gebäudevolumens herangezogen werden.

3D-Gebäudemodell

Nach (AdV 2017) ist ein 3D-Gebäudemodell „ein digitales, numerisches Oberflächenmodell der Erdoberfläche, reduziert auf die in ALKIS³ definierten Objektbereiche Gebäude und Bauwerke. Unterirdische Gebäude und Bauwerke werden nicht berücksichtigt. Das 3D-Gebäudemodell ist eine Erweiterung des Datensatzes der Hausumringe um die dritte Dimension.“

Die Daten werden von den Vermessungsverwaltungen der Bundesländer aufbereitet und bei der Zentralstelle für Hauskoordinaten und Hausumringe (ZSHH) zusammen geführt. Die Genauigkeit der geometrischen Merkmale der einzelnen Geodatenobjekte ist nicht verfügbar, zumindest nicht öffentlich. Es gibt allgemeine Angaben zum größtmöglichen Fehler der Angaben, die im Folgenden kurz erläutert werden.

Gebäudegrundriss

Der Gebäudegrundriss wird grundsätzlich der amtlichen digitalen Liegenschaftskarte entnommen. Die Lagegenauigkeit entspricht der des zugrunde liegenden Hausumrings. Dabei werden je nach Bundesland durchaus unterschiedliche Genauigkeitsstufen (GST)⁴ erreicht. In manchen Bundesländern gibt es die Einmesspflicht von Gebäuden, in anderen werden dazu Luftbilder herangezogen. Die GST 5000⁵ wurde pauschal für alle Punktkoordinaten vergeben, die durch Digitalisierung der analogen Liegenschaftskarten bestimmt wurden. Die Genauigkeit dieser Punkte wurde aber nicht untersucht, so dass darüber keine gesicherte Aussage gemacht werden kann. (LVermGeo RP 2020)

Höhendaten

Die in ENOB:dataNWG verwendeten Geodaten sind keine „echten“ 3D-Daten. Begründet durch die Projekt-Genese, die Verfügbarkeit und Vollständigkeit der Daten, wurden die Gebäude durch ihre Grundrisse ausgehend von Hausumringen repräsentiert. Diese wur-

³ Das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) vereint die Amtliche Liegenschaftskarte (ALK) und das Amtliche Liegenschaftsbuch (ALB). Als Liegenschaft bezeichnet man ein Flurstück mit den darauf befindlichen Gebäuden.

⁴ Die Genauigkeitsstufe (GST) ist die Angabe der Qualität ebener Punktkoordinaten des Liegenschaftskatasters. Der Wert der GST beschreibt den größten zu erwartenden Widerspruch zwischen einer gemessenen und einer aus Koordinaten gerechneten Strecke von einem (neu bestimmten) Punkt zu den jeweiligen Bezugspunkten des Koordinatenreferenzsystems. (LVermGeo RP 2020)

⁵ Die GST 5000 wird angegeben mit einer Standardabweichung Lage SL ≤ 5 m als maximal zu erwartende Abweichung mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit von 68,3% und einer zulässigen Streckenabweichung ZS = 10 m.

Sponsor:



Bank aus Verantwortung!

In der Tiefenerhebung wird das Werkzeug VSA 2.0 zur Energieanalyse von Gebäuden verwendet. VSA 2.0 wurde vom IWU mit Mitteln der KfW Bankengruppe erstellt.

Unterstützer:

IMMOBILIEN ZEITUNG



den mit den Merkmalen Gebäudefunktion und Höhe des Gebäudes⁶ aus dem amtlichen 3D-Gebäudemodell im LoD1⁷ angereichert.

Leider gibt es zwischen den beiden Datensätzen HU_DE und 3D-Gebäudemodell (LoD1) nicht immer eine 1:1 Beziehung. In der Tat war der Datensatz der Hausumringe zum Start des Projektes bezogen auf die Grundrisse der umfangreichere und auch aktuellere Datensatz. Es kam also vor, dass einem Umring keine Höhe aus einem LoD1-Objekt (Stand 2016) zugespielt werden konnte. Für diese Hausumringe oder aus ihnen gebildete Gebäude konnten dann keine sicheren Aussagen zu Hüllflächen und Volumina gemacht werden. Einige der fehlenden Höhendaten konnten durch eine erneute Verschneidung mit der aktuellsten Version der LoD1-Daten (Stand 2018) verbessert werden. Aber noch immer sind nicht für alle Gebäude Höhendaten verfügbar.

Fehlende Höhen wurden vom IWU durch Regressionsimputation ergänzt. Dabei wurden die im Screening erhobenen Merkmale primäre Hauptgebäudefunktion (Merkmal `scr_gebfunk_hk_prim`) und die Anzahl Vollgeschosse (Merkmal `scr_vollgeschosse`) als unabhängige Variablen herangezogen. Bei einem solchen Verfahren ergeben sich bisweilen auch Werte für das Merkmal Höhe, die als unplausibel angesehen werden müssen. Nur Gebäude, bei denen die mittlere Höhe $geb_f_hoehe_mittel_iwu \geq 2$ m und die minimale Höhe der Hausumringe, die zum Gebäude gehören, $geb_f_hoehe_min \geq 0$ m sind, sind deshalb in der Projektdatenbank mit dem Qualitätsindikator `quali_h_iwu = 1` gekennzeichnet. Sie eignen sich zur Berechnung sowohl von Fassadenflächen als auch eines Gebäudevolumens.

Prozessierung der Fassadenflächen

Die Fassadenflächen der Gebäude liegen nicht direkt in einem 3D-Gebäudemodell als geometrisch modellierte Objekte, wie beispielsweise im CityGML-Format (OGC 2012), vor. Vielmehr können sie nur über die den Hausumringen als Merkmal angehängte Höhe sowie deren Kantenlängen numerisch abgeleitet werden. Die dafür notwendigen Schritte werden im Folgenden beschrieben.

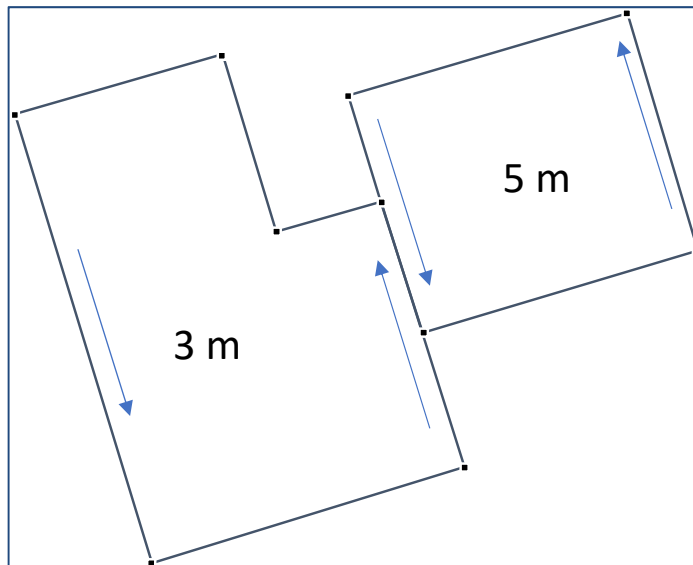
Segmentierung der Umringe

Werden Gebäude im Geoinformationssystem (GIS) als Umringe bzw. Polygone repräsentiert, lassen sich als geometrische Eigenschaften zunächst nur Umfang (`shape_length`) und Fläche (`shape_area`) angeben. Die Länge einer einzelnen Wand bzw. eines Fassadenteils lässt sich nicht ohne weiteres abfragen. Gleiches gilt für die Ausrichtung der Fassaden nach Himmelsrichtungen. Damit dies möglich wird, müssen die Polygone in ihre nächst tieferen geometrischen Primitive aufgelöst werden. Aus einem Polygon müssen also der umgrenzende Ring, und aus diesem wiederum seine einzelnen Liniensegmente (im Weiteren kurz „Segmente“) erstellt werden. Bis zu diesem Punkt werden lediglich vorhandene Daten neu organisiert, dennoch müssen einige Dinge bedacht werden.

⁶ Die Höhe des Gebäudes ist die Differenz in Metern zwischen dem höchsten Bezugspunkt und dem tiefsten Bezugspunkt des Gebäudes. Die Bodenhöhe als tiefster Bezugspunkt ergibt sich aus den Angaben im Digitalen Geländemodell (DGM), in der Regel mit Gitterweiten von 5 m (DGM5), der höchste Bezugspunkt ist bei einer vom Flachdach abweichenden Dachform in der Regel der First, aber auch andere Bezugspunkte sind je nach Bundesland üblich. Die Höhengenaugigkeit in DGM5 liegt im Bereich 0,3 – 1 m. Die Höhengenaugigkeit aus LoD1 wird offiziell mit 5 m angegeben (AdV 2017), für einzelne Geodatenobjekte ist die Information jedoch nicht öffentlich verfügbar. Grobe Abweichungen sind in Einzelfällen bei komplexen Dachformen möglich. Bei realen Flachdächern sollte in der Regel eine deutlich bessere Genauigkeit erreicht werden. LoD1-Daten werden gemeinhin als für einfache Analyse- und Visualisierungsaufgaben geeignet angesehen.

⁷ LoD1: Level of Detail1 entspricht einem, besonders bei Steildächern stark vereinfachten Block- oder Klötzchenmodell des Gebäudes.

Abbildung 2 Gebäudesituation bestehend aus zwei Hausumringen in Grundrissansicht, mit Umlaufrichtung der Polygone und verschiedenen Höhen.



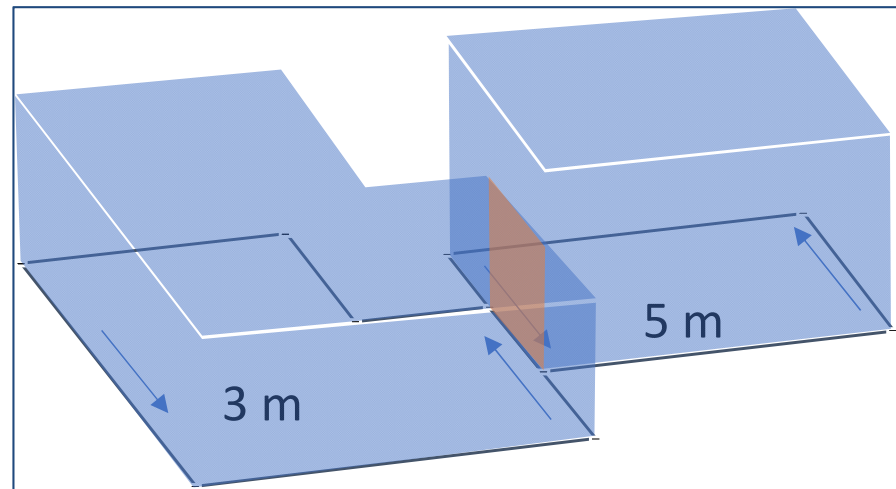
Unabhängig von der algorithmischen Umsetzung wird bei dieser Neuorganisation die Datenmenge entsprechend der Knotenanzahl N in den Polygonen zunächst auch ver- N -facht. Unter Umständen kann es also nötig sein, Schritte zur Datenreduktion einzuleiten, sei es durch geometrische Generalisierung oder durch Verkleinerung der Attributtabelle.

Berechnung der Fassadenflächen

Sind die Polygone in ihre Segmente aufgelöst, wird es mittels der Höhendaten möglich, über jedem Segment die Fläche zu errechnen. An dieser Stelle müssen nun auch die Nachbarschaftsbeziehungen der Gebäude berücksichtigt werden und es wird deutlich, warum großer Wert auf topologische Genauigkeit der Modellierung gelegt werden muss. Direkt benachbarte Gebäude haben bei korrekter Modellierung lagegleiche Segmente, jedoch mit vertauschten Start- und Endknoten (siehe Abbildung 2). Der Unterschied in der Reihenfolge der Knoten folgt aus der Umlaufrichtung der Polygone bei ihrer Erstellung. In den meisten GIS werden äußere Ringe linkslaufend definiert und entsprechend gelesen. Diese lagegleichen Segmente müssen identifiziert werden.

Benachbarte Gebäudeteile können zudem unterschiedliche Höhen aufweisen. Um die Fassadenfläche möglichst genau zu ermitteln, müssen die Höhen der lagegleichen Segmente verglichen werden können. Die eventuell auftretende Differenz muss dann zur Flächenberechnung verwendet und dem überragenden Gebäudeteil zugeschlagen werden. Auf diese Weise kann auch bei unterschiedlich abgestuften Gebäuden die gesamte außenliegende Fassadenfläche bestimmt werden (vgl. Abbildung 3).

Abbildung 3 Gebäudesituation (wie Abbildung 2) und durch Nachbarschaft überlagerte Fassadenfläche.



Ermittlung der Haupthimmelsrichtungen

Die Fassadenflächen sollen bezüglich der Haupthimmelsrichtungen auswertbar sein. Dazu müssen die Azimute der Fassadensegmente ermittelt und entsprechend klassifiziert werden. Hier ist wiederum darauf zu achten, dass lagegleiche Segmente mit ihrer gegenläufigen Richtung im GIS gespeichert sind und so entgegengesetzten Himmelsrichtungen zugeordnet werden können.

Ergebnis

Am Ende dieser Bearbeitungsschritte lagen für alle 87.303 Gebäude, die im Screening anhand der Stichprobe der Hausumringe identifiziert wurden, die Segmente der Polygone, getrennt nach Haupt-Himmelsrichtung, mit den über ihnen aufsteigenden Fassadenflächen sowie die Gebäudegrundfläche (shape_area) vor. In LoD1 wird das Dach zu einem Flachdach vereinfacht, dessen Fläche der Grundfläche entspricht, zusätzlich liegt jedoch aus dem Screening das Merkmal Dachform vor. In der hier vorgestellten Berechnung wird außerdem zwischen Fassadenflächen unterschieden, die an andere Gebäude grenzen, und solchen, die zur Außenluft zeigen.

Zusammen mit den Merkmalen, die in den Befragungen erhoben wurden, lassen sich eine ganze Reihe von geometrischen Eigenschaften der Gebäude bestimmen. Auch die energetische Beschaffenheit der Gebäudehülle wurde erhoben.

Da beim Stichprobendesign auf Repräsentativität geachtet wurde, kann aus diesen Daten auf die Hüllflächen aller Gebäude in Deutschland erwartungstreu hochgerechnet und der statistische Fehler angegeben werden.

Literatur

AdV AK Gebäudetopographie (Herausgegeben von) (2017). *Produktstandard für 3D-Gebäudemodelle, V1.4*. AdV.

Busch, Roland (2020). *Screening – Ablauf der Vor-Ort-Erhebung und Struktur der Erhebungsfälle*. (ENOB:dataNWG Projektinformation Nummer 7). Wuppertal: BUW.

Busch, Roland; Müller, Ann-Katrin (2020). *Definition und Abgrenzung von Nichtwohngebäuden im Screening*. (ENOB:dataNWG Projektinformation Nummer 4). Wuppertal: BUW.

Cischinsky, Holger (2020). *Stichprobe: Modellierung und Ziehung (ohne Kapitel 4)*. Darmstadt: IWU.

LVerGeo RP (2020, November 2). Information zur Genauigkeitsstufe der Punkte im Liegenschaftskataster.

OGC 2012: OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. Version 2.0.