



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

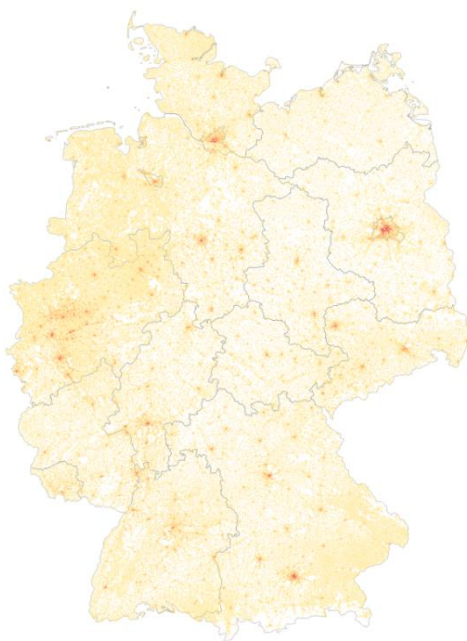


Wärmeatlas Deutschland 3.0

GIS-Modell des Nutzenergiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser im deutschen Gebäudebestand

Sebastian Blömer, Yanik Acker (ifeu), Bernd Huber, Dr. Stefan Jäger (Geomer), Susanne Ochse (GEF)

Heidelberg, Januar 2024



Verwaltungsgrenzen: BKG 2022.

- Beheizte Gebäude gemäß GEG:
 - 20 Mio. Wohngebäude,
 - 1,3 Mio. Nichtwohngebäude,
- Wärmebedarfsberechnung für Einzelgebäude differenziert nach Gebäudetypen, Baualter und Klima,
- Verknüpfung mit ALKIS-Daten & Inspire-Daten,
- Koppelbar mit QGIS-Plugin „Lastprofile“ zur Erstellung stundenscharfer Lastprofile des Wärmebedarfs.

Inhalt

1	Beschreibung	1
2	Anwendungsbeispiele	3
2.1	Kommunale Wärmeplanung und Wärmeversorgungskonzepte	3
2.2	Einbindung in Online-Informationssysteme	3
2.3	Forschungsprojekte/Energiesystemanalyse	4
3	Modellentwicklung	5
3.1	Gebäudemodell GEMOD	6
3.2	Geodatengrundlage & -aufbereitung	8
3.3	Energetische Gebäudetypisierung	11
3.4	Wärmebedarfsberechnung	12
4	Evaluierung & Anwendungshilfen	14
4.1	Energiebezugsflächen	14
4.2	Verfahren zur Wärmebedarfsberechnung	15
4.3	Abgleich mit Verbrauchsdaten	17
4.4	GIS-Tool zur Erstellung stundenscharfer Wärmebedarfsprofile	19
5	Literatur	20

1 Beschreibung

Die ifeu Heidelberg gGmbH, die GEF Ingenieur AG und die geomer GmbH haben gemeinsam einen bundesweiten, gebäudescharfen Wärmebedarfsatlas erstellt. Das Modell basiert auf rund 57 Mio. 3D-Gebäudegeometrien im *Level of Detail 2* (LoD2_DE) der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen¹, Daten zur Verteilung energetischer Baualtersklassen auf Ebene eines bundesweiten Hektarrasters aus der Gebäude- und Wohnungszählung 2011 und regional differenzierten Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes. Die verwendeten offiziellen 3D-Gebäudemodelle der Landesvermessungsämter stellen **die aktuell umfassendsten und flächendeckend verfügbaren Geodaten zum Gebäudebestand** dar.

Die Wärmebedarfsberechnung auf Ebene einzelner Gebäude erfolgt über eine Übertragung spezifischer Energiekennzahlen für Raumwärme und Warmwasser aus dem **ifeu-Gebäude-modellsimulationsmodell GEMOD**², die nach energetischen Gebäudetypen, Baualtersklassen und Klimazonen differenziert werden. Für die Zuordnung zu einem energetischen Gebäudetyp wurden die 3D-Gebäudemodelle um weitere Attribute zur Gebäudenutzung aus Sekundärdatenquellen (OpenStreetMap, BEAM/Urban-Atlas) angereichert und nach ihrer Geometrie sowie Lage-basierten Kriterien klassifiziert. Über diese Schritte werden unbeheizte Nebengebäude (Garagen, Lagergebäude u.a.) in Siedlungs- und Gewerbegebieten abgegrenzt und Wohngebäude baustrukturell weiter differenziert.

Der Wärmeatlas Deutschland 3.0 umfasst den auf Grundlage der Ausgangsdaten ermittelten, beheizten Gebäudebestand und ist als **Geodatenprodukt in Form georeferenzierter Punktkoordinaten der einzelnen Gebäudegrundflächen** mit den in Tabelle 1 dargestellten Attributen für beliebige Gebietszuschnitte innerhalb der Grenzen der Bundesrepublik Deutschland über die geomer GmbH³ zu lizenzieren. Über die in den Datensätzen enthaltenen Gemeindeschlüssel und die Schlüssel des europäischen INSPIRE-Hektarrasters wird sowohl die Aggregation auf Rasterebene als auch eine Verschneidung mit weiteren Datensätzen (z.B. Baualtersklassen, Art der Heizungssysteme) ermöglicht.

¹ <https://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Weitere-Produkte/3D-Gebaeudemodelle-LoD/>.

² <https://www.ifeu.de/methoden/modelle/gebaeudemodell/>.

³ <https://www.geomer.de>.

Tabelle 1 Übersicht Datenpunkte Wärmeatlas Deutschland 3.0.

Parameter	Spaltentitel	Beschreibung
Geometriepunkt	shape	Mittelpunkt der Gebäudegrundfläche.
Gebäude-ID	gebid	Eindeutiger Gebäudeschlüssel.
	alkis_id	ALKIS ID des Hausumringobjektes.
	idorigin	Quelle der Hausumring-Geometrieinformation.
	ags	Amtlicher Gemeindegeschlüssel.
	inspireid	Kennung der 100m-INSPIRE-Grid-Zelle zur Verknüpfung mit weiteren Datensätzen der statistischen Ämter.
Energetischer Gebäudetyp GEMOD	gebtyp_gemod	Energetischer Gebäudetyp nach der Typologie des ifeu-Gebäudemodells GEMOD (basierend auf IWU-Gebäudetypologien Wohn- und Nichtwohngebäude).
Einstufung GEG-Relevanz	geg_relevant	Im Anschluss an Gebäudetypisierung durchgeführte generische Einstufung von Gebäudegeometrien: „relevant“, „unklar“.
Grundfläche [m²]	grundflaeche_m2	Brutto-Grundfläche des Gebäudes, abgeleitet aus Hausumring-Geometrie.
Energiebezugsfläche [m²]	energieflaeche_m2	Energetische Nutzfläche A_N berechnet aus dem Gebäudevolumen in Anlehnung an das Gebäudeenergiegesetz bzw. die DIN 4108-6.
Nutzenergiebedarf Heizwärme Energiekennzahlenverfahren [kWh/a]	qh_2022_ekv_kwh	<p>Simulierter Nutzenergiebedarf zur Versorgung des Gebäudes mit Raumwärme im Basisjahr aus dem ifeu-Gebäudemodell GEMOD. Aus dem GEMOD übertragen werden spezifische Energiekennzahlen bezogen auf die Energiebezugsfläche [kWh/m²a], differenziert nach Baualtersklassen und 15 Klimazonen aus der DIN 18599.</p> <p>Die Werte sind auf Bundesstatistiken zum Energieverbrauch von Gebäuden kalibriert und liegen tendenziell unter den Ergebnissen des Monatsbilanzverfahrens.</p>
Nutzenergiebedarf Heizwärme Monatsbilanzverfahren [kWh/a]	qh_2022_mbv_kwh	<p>Nur für Wohngebäude: Simulierter verbrauchskalibrierter Nutzenergiebedarf zur Versorgung des Gebäudes mit Raumwärme im Basisjahr nach gebäudeindividuellem Monatsbilanzverfahren gemäß DIN 4108-6. Aus dem GEMOD übertragen werden die bauphysikalischen Parameter der einzelnen Bauteile Dach, Außenwand, Fenster pro Gebäudetyp und Baualtersklasse bei einem mittleren Sanierungsstand im Basisjahr (U-Werte, g-Werte etc.) sowie erforderliche allgemeine Gebäudetyp-spezifische Parameter (Anteile Fensterflächen, Norminnentemperaturen u.a.).</p> <p>Die Berechnung des Wärmebedarfs nach Monatsbilanzverfahren wird anhand von Außentemperatur- und Strahlungsdaten auf Ebene eines 1km-Rasters aus dem aktuellen TRY-Datensatz des DWD (Klimadaten 1995-2012) durchgeführt.</p> <p>Es erfolgt eine Verbrauchskalibrierung auf Gebäudeebene, die Werte liegen tendenziell über den Ergebnissen des Energiekennzahlenverfahrens.</p>
Nutzenergiebedarf Brauchwarmwasser [kWh/a]	qw_2022_ekv_kwh	Simulierter Nutzenergiebedarf zur Versorgung des Gebäudes mit Warmwasser im Basisjahr.

2 Anwendungsbeispiele

Der Wärmeatlas Deutschland 3.0 kann für individuelle räumliche Selektionsausschnitte auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland lizenziert werden. Aufgrund der hochauflösenden Modellierung auf Ebene einzelner energetisch typisierter Gebäudegeometrien sind die möglichen Aggregationsebenen grundsätzlich beliebig wählbar. Im Folgenden werden drei exemplarische Anwendungsfälle beschrieben.

2.1 Kommunale Wärmeplanung und Wärmeversorgungskonzepte

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung sollen in allen Städten und Gemeinden flächendeckende Pläne zum Ausbau treibhausgasneutraler Wärmeversorgungsinfrastrukturen entwickelt werden. Die Daten des WAD 3.0 können hierfür als generische, flächendeckend verfügbare Datengrundlage mit weiteren lokalen Verbrauchsdaten leitungsgebundener Energieträger oder Schornsteinfegerdaten zu nicht-leitungsgebundenen Heizungssystemen zur **Erstellung eines flächendeckenden gebäudescharfen Wärmebedarfskatasters** verwendet werden.

Für die einzelnen Gebäude stehen der anhand mittlerer Sanierungsstände nach Gebäudetyp und Baujahr im GEMOD berechnete Nutzenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser im Basisjahr zur Verfügung. Dieser kann als erste Näherung des Status quo des Wärmebedarfs in zusammenhängenden Gebäudebeständen verwendet werden und beispielsweise Aufschluss über Wärmenetzpotenziale bieten. Über die **Attribute energetischer Gebäudetyp und energetische Nutzfläche** können Szenarien der Wärmebedarfsentwicklung u.a. zur Bewertung von Wärmeversorgungskonzepten abgebildet werden sowie **lokal kalibrierte spezifische Energiekennzahlen** bzw. empirisch erhobene Verbrauchsdaten eingepflegt werden.

Diese Anwendungsoption richtet sich an Städte, Kommunen, Energieversorgungsunternehmen oder Planungsbüros.

2.2 Einbindung in Online-Informationssysteme

Die Daten des WAD 3.0 können unter Berücksichtigung der Lizenzbestimmungen in Informationssysteme der Ministerien des Bundes- und der Länder, von Städten, Kreisen, Energieagenturen oder privatwirtschaftlichen Unternehmen eingebunden werden.

Öffentliche Stellen können mit einer entsprechenden Lizenzierung der **Daten Informationen für Bürgerinnen und Bürger** zur räumlichen Verteilung des Wärmebedarfs bereitstellen und um weiterführende Werkzeuge und Datenebenen (z.B. Wärme-Mischpult der Energieagentur des Freistaats Bayern mit lokalen erneuerbaren Wärmepotenzialen) erweitern, um den politischen Diskurs zur Transformation der Wärmeversorgung und die Innovationstätigkeit verschiedener Akteure im Wärmemarkt anzureizen.

Ein **aktuelles Anwendungsbeispiel aus diesem Bereich stellt der Wärmeatlas Hessen der Landesenergieagentur Hessen** dar, der von geomer, ifeu und GEF analog zur Methodik des Wärmeatlas Deutschland 3.0 entwickelt wurde.¹

2.3 Forschungsprojekte/Energiesystemanalyse

Im Rahmen der internen Nutzung durch ifeu, GEF und geomer werden die Datengrundlagen des WAD in Forschungsprojekte eingebracht und **fortlaufend weiterentwickelt**. Durch die räumliche Abbildung von Szenarien der energetischen Modernisierung des Gebäudebestandes – u.a. aus Simulationen mit dem ifeu-Gebäudemodell GEMOD – bildet der WAD 3.0 die Grundlage für die Analyse zukünftiger Entwicklungen des Wärmemarktes über erweiternde Analyse-Tools in einer GIS-Umgebung.

Ein Beispiel hierfür sind ein von ifeu entwickeltes räumliches Modell des Fernwärmebestandes und ein umfassendes technisch-wirtschaftliches Potenzialmodell langfristiger Eignungsgebiete für weitere Wärmenetze auf Ebene eines bundesweiten 500m-Rasters, über die die langfristige Rolle von Wärmenetzinfrastrukturen im Energiesystem in Hinblick auf sinkende spezifische Wärmeverbräuche im Gebäudebestand, Konkurrenztechnologien in der Wärmeversorgung und Kompatibilität mit klima- und energiepolitischen Zielen (u.a. lokale EE-Wärmepotenziale) analysiert werden kann. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen zum Beispiel in die **Langfristszenarien des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz** ein.²

¹ <https://www.waermeatlas-hessen.de/>.

² <https://www.langfristszenarien.de/>.

3 Modellentwicklung

Der Wärmeatlas Deutschland 3.0 basiert auf einer Zusammenführung des ifeu-Gebäudesimulations-modells GEMOD mit einer Datenbank energetisch typisierter Einzelgebäude auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Die durchgeführten Arbeitsschritte bei der Entwicklung der Gebäudedatenbank sind in Abbildung 1 schematisch dargestellt und werden nachfolgend genauer beschrieben.

© ifeu/GEF/geomer 2023

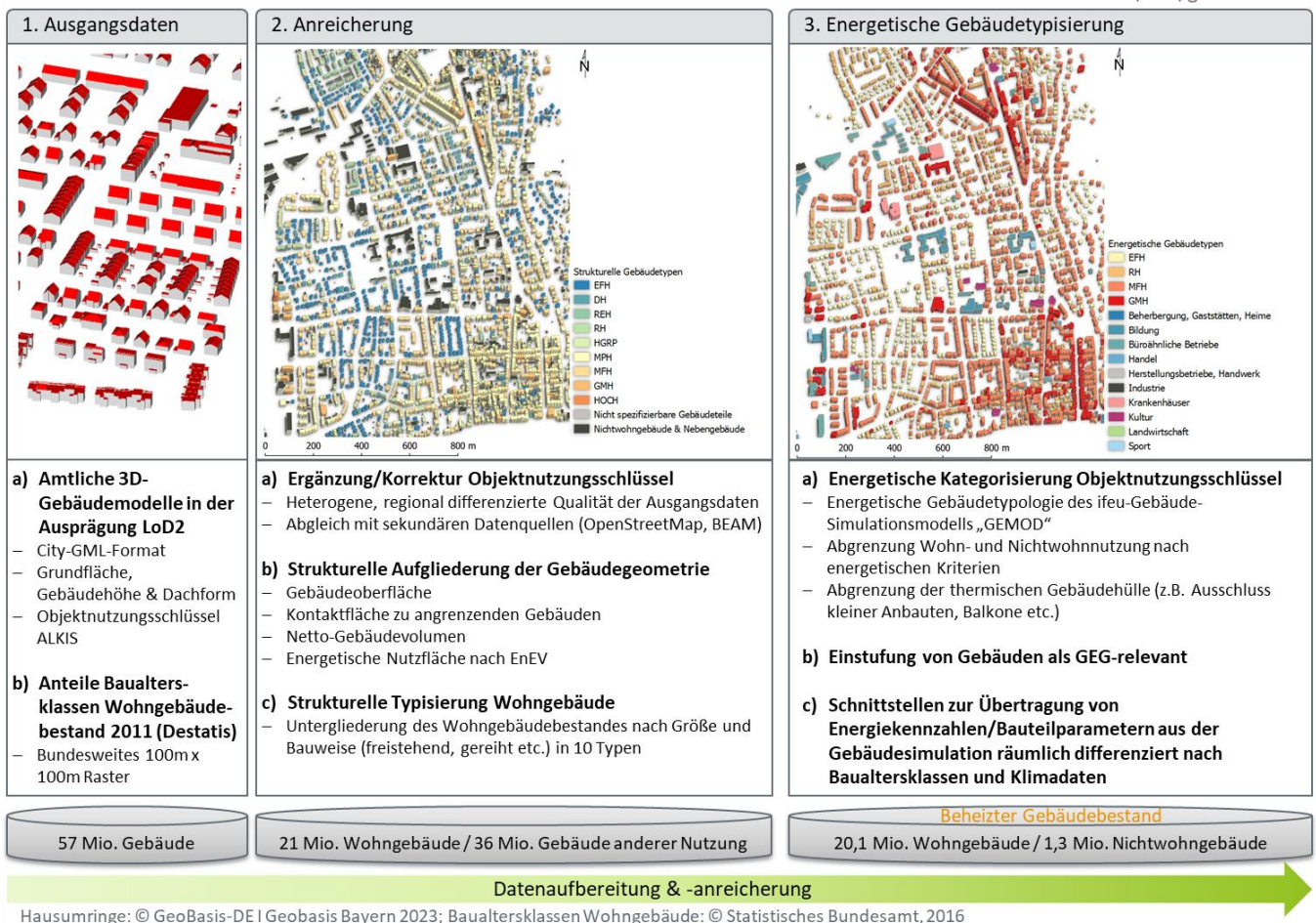


Abbildung 1: Entwicklungsschritte Wärmeatlas Deutschland 3.0. Hausumringe: © GeoBasis-DE | Geobasis Bayern 2017.

3.1 Gebäudemodell GEMOD

Zur Skalierung der Auswirkungen technischer Dämmrestriktionen auf die langfristige Wärmebedarfsentwicklung im gesamten deutschen Gebäudebestand (Wohn- und Nichtwohngebäude) wurde von ifeu in Kooperation mit der Beuth Hochschule Berlin mit dem GEMOD ein umfassendes Gebäudesimulationsmodell entwickelt (Jochum et al. 2015, 2017).

Das GEMOD ermöglicht im Kern eine Bauteil-basierte, an den offiziellen Normen zur Wärmebedarfsberechnung (Monatsbilanzverfahren nach DIN 4108-6) orientierte Simulation der Wärmebedarfsentwicklung für unterschiedliche Gebäudegeometrien und energetische Ausgangsparameter (Wärmedurchgangskoeffizienten einzelner Bauteile, Luftwechselraten, innere Gewinne, solare Einstrahlung, Norminnen- und Außentemperatur etc.).

Der Wohngebäudebestand in Deutschland ist auf Grundlage empirischer Daten und Auswertungen in Form der vier Basistypen Ein- und Zweifamilienhaus (EFH), Reihenhaushaus (RH), Mehrfamilienhaus (MFH) und Großes Mehrfamilienhaus (GMH) erfasst (Institut Wohnen und Umwelt 2016; Loga et al. 2015). Der Nichtwohngebäudebestand wird über 12 Basistypen basierend auf der Typologie der Nichtwohngebäude in Deutschland des Instituts Wohnen und Umwelt abgebildet (Hörner & Bischof 2022a; b). Die energetischen Gebäudetypen zur Beschreibung des beheizten („GEG-relevanten“) Gebäudebestandes in Deutschland sind in GEMOD weiter nach elf Baualtersklassen untergliedert und die Nichtwohngebäudetypen zusätzlich nach Haupt- und Nebennutzungsflächen aufgeteilt. In dieser Matrix ist in GEMOD ein Mengengerüst mit Anzahl, Energiebezugsfläche und Größe einzelner Bauteile auf aktuelle bundesweite Statistiken kalibriert (Tabelle 2). Das Mengengerüst kann für beliebige Zeitpunkte nach Neubau- und Abrissraten und Flächenentwicklung fortgeschrieben werden.

Tabelle 2: Gebäudetypologie und Mengengerüst ifeu-Gebäudesimulationsmodell GEMOD Bezugsjahr 2020.

Gebäudetyp	Anzahl	Energiebezugsfläche [m ²]
Ein- und Zweifamilienhaus (EFH)	10.145.967	1.900.145.261
Reihenhaushaus (RH)	5.600.119	906.232.781
Mehrfamilienhaus (MFH)	3.103.840	1.430.976.779
Großes Mehrfamilienhaus (GMH)	292.091	468.378.301
Büro-, Verwaltungs- oder Amtsgebäude	307.456	478.496.624
Gebäude für Forschung und Hochschullehre	23.035	63.166.899
Gebäude für Gesundheit und Pflege	63.094	193.841.248
Schule, Kindertagesstätte und sonstige Betreuungsgelände	154.230	266.561.645
Gebäude für Kultur und Freizeit	141.211	118.654.322
Sportgebäude	78.118	107.346.028
Beherbergungs- oder Unterbringungsgebäude, Gastronomie- oder Verpflegungsgebäude	270.403	213.360.502
Produktions-, Werkstatt-, Lager- oder Betriebsgebäude (Im Modell aufgeteilt in GHD & Industrie)	974.448	1.354.234.922
Handelsgebäude	187.277	407.028.666
Technikgebäude (Ver- und Entsorgung)	67.860	25.297.594
Verkehrsgebäude	21.326	13.133.590

Die Austauschraten einzelner Bauteile werden über Weibull-Verteilungen als Abstraktion von Sanierungs- bzw. Lebenszyklen im Bestand simuliert. Dabei werden verschiedene Kombinationen von Sanierungsständen (Tiefe der Sanierung und Interdependenzen zwischen energetischen Modernisierungsmaßnahmen und Investitionsentscheidungen der Gebäudeeigentümer) berücksichtigt.

Aus dem GEMOD können simulierte mittlere spezifische Energiekennzahlen zum Nutzenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser [kWh/m²*a] bezogen auf die energetische Nutzfläche nach Gebäudeenergiegesetz (A_N) für Wohngebäude und die Energiebezugsfläche (beheizter Teil der Nettogrundfläche nach Hörner & Bischof (2022a)), differenziert nach einzelnen Gebäudetypen/Baualterklassen, Klimazonen und Sanierungsszenarien/Jahren im Zeitverlauf bis 2050 ausgegeben werden. Ebenso können bauphysikalische Kenngrößen, wie die mittleren U-Werte der Bauteile Dach/obere Geschossdecke, Fenster, Außenwand, Kellerdecke/Bodenplatte pro Gebäudetyp & Baualterklasse bezogen auf den Gesamtbestand in Deutschland simuliert werden. Die GEMOD-Ergebnisse lassen sich über die Schnittstelle energetischer Gebäudetypen in die räumliche Datengrundlage des Wärmeatlas Deutschland 3.0 spiegeln.

Weitere Informationen zum Gebäudemodell GEMOD finden sich [hier](#).

3.2 Geodatengrundlage & -aufbereitung

Seit dem Jahr 2015 standen 3D-Gebäudemodelle im Level-of-Detail 1 mit einer kubischen Repräsentation der Gebäudehülle als bundesweites kosten- und lizenzpflichtiges Datenprodukt zur Verfügung (LoD1_DE) (Wandinger 2018), seit 2022 stehen die 3D-Gebäudemodelle als Level-of-Detail 2 (LoD2) zur Verfügung. Hier sind die Gebäudegeometrien inklusive Dachformen der Gebäude modelliert. Für die Entwicklung des WAD 3.0 wurde das Produkt LoD2_DE Stand September 2022 aufbereitet, das bundesweit 56 Mio. Einzelgebäuden als 3D-Gebäude mit vereinfachter Dachform modelliert im City-GML-Format enthält.

Die Gebäudegeometrien sind in ihrem Ursprung ein Produkt der Vermessungsverwaltungen der Bundesländer. Diese werden von der AdV zusammengeführt und bereitgestellt, aber nicht homogenisiert. Der Datenbestand variiert in Bezug auf Vollständigkeit und Qualität pro Bundesland und auch innerhalb der Vermessungsbezirke. Dies betrifft vor allem die Gebäudehöhen und die hinterlegten Objektnutzungsschlüssel zur Kategorisierung der Gebäudedefunktion bzw. -nutzung.¹

Die LoD2-Daten ermöglichen die Integration des Volumens einzelner Gebäude in die räumliche Datengrundlage und damit eine detailliertere Berücksichtigung der Gebäudegröße u.a. in Form der Energiebezugsfläche bei der Modellierung des Wärmebedarfs. Die Geometrie eines Gebäudes bzw. eines Gebäudeteils wird durch Polygone für Grundfläche, Dachflächen und Seitenwände dargestellt. Die Dachform ist modelliert, auf Details wie Dachgauben wird dabei verzichtet.

Zusätzlich enthalten die Daten des LoD2_DE Angaben zur semantischen Beschreibung der Art/Nutzung einzelner Gebäude aufbauend auf dem Objektschlüsselkatalog der amtlichen Liegenschaftskataster (OSKA), aus dem sich 266 verschiedene Nutzungsschlüssel ableiten lassen. Auch hier gibt es Unterschiede hinsichtlich der Vollständigkeit und der Ausdifferenziertheit der zugeordneten Objektnutzung (Tabelle 3).

Tabelle 3: Bewertung der Qualität der Ausgangsdaten LoD2_DE in Bezug auf die Beschreibung der Gebäudenutzung.

Bundesland	Qualität	Beschreibung
Schleswig-Holstein	+	Grundsätzliche gute Qualität, 9% undefiniert
Hamburg	++	Grundsätzliche gute Qualität
Niedersachsen	+	Grundsätzliche gute Qualität, Gewerbe nicht ausdifferenziert
Bremen	+	Grundsätzliche gute Qualität
Nordrhein-Westfalen	++	Grundsätzliche gute Qualität
Hessen	o	Wenig differenziert, Gebäude auf Wohngrundstück = alle Wohnhaus
Rheinland-Pfalz	+	Grundsätzliche gute Qualität, wenig ausdifferenziert
Baden-Württemberg	++	Grundsätzliche gute Qualität
Bayern	+	Grundsätzliche gute Qualität, Gewerbe nicht differenziert, 1,7% undefiniert
Saarland	+	Grundsätzliche gute Qualität, wenig ausdifferenziert
Berlin	++	Grundsätzliche gute Qualität
Brandenburg	+	Grundsätzliche gute Qualität, 9,5% undefiniert
Mecklenburg-Vorpommern	+	Grundsätzliche gute Qualität
Sachsen	--	Nur grobe Unterteilung in Wohn/-Nichtwohnnutzung
Sachsen-Anhalt	-	Nutzungen beziehen sich meist auf die Grundstücksfläche
Thüringen	o	Hoher Anteil undefiniert (27%, meist Nebengebäude)

¹ Im Hinblick auf eine detaillierte Abschätzung der Datenqualität für individuelle Gebietszuschnitte können auf Anfrage ergänzende Testdaten über den Lizenzgeber geomer angefordert werden.

Um die Beschreibung der Gebäudenutzung zu verbessern, wurden andere, frei zugängliche Quellen herangezogen, darunter Zensus, OpenStreetMap, BEAM¹. Die Anreicherung der Daten erfolgte auf Ebene einzelner Objekte über einen ordinal gestuften Abgleich der Datenqualität verschiedener Quellen und des Detaillierungsgrades der Objektnutzung. Dadurch konnten die in den Ausgangsdaten LoD2_DE hinterlegten Nutzungsschlüssel in vielen Regionen verbessert und vervollständigt werden.

Über diese Anreicherung konnte im Abgleich mit den Zahlen aus der Gebäude- und Wohnungszählung eine weitgehend vollständige Identifikation des Bestandes von Gebäuden mit Wohnraum erfolgen. Bei der räumlichen Differenzierung der Nutzungsschlüssel von potenziell beheizten Gebäuden mit einer Nichtwohnnutzung weisen auch die aufbereiteten Daten Defizite bei der Qualität bzw. der Detailtiefe der verfügbaren Nutzungsschlüssel auf. Dies betrifft primär die vielfach vorhandenen Geometrien mit dem ALKIS-Objektnutzungsschlüssel „31001_2000 – Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe“. Diese Gebäude werden im Wärmeatlas dem energetischen Gebäudetyp „Produktions-, Werkstatt-, Lager- oder Betriebsgebäude“ zugeordnet, jedoch hinsichtlich ihrer Relevanz als beheizte Gebäude im Sinne des Gebäudeenergiegesetzes als „unklar“ eingestuft und nicht in die Wärmebedarfsberechnung integriert.

Ein weiteres zentrales Element für die Abschätzung des Wärmebedarfs von Gebäuden ist neben der Geometrie und der Gebäudenutzung das Baualter. Daten zum Baualter von Gebäuden liegen seitens des statistischen Bundesamtes als Ergebnis der Gebäude- und Wohnungszählung im Jahr 2011 nur für Wohngebäude flächendeckend vor. Diese können auf Grund von Datenschutzbestimmungen nicht auf Ebene einzelner Gebäude, sondern innerhalb eines 100m-Gitters und nur in aggregierter Form über mindestens drei Gebäude bezogen werden um keine Rückschlüsse auf Einzelobjekte zu ermöglichen.

Um eine möglichst kleinräumige Datenebene für die Integration des Merkmals „Baualter“ zu erreichen, wurden für die Entwicklung des Wärmeatlas Deutschland 3.0 die Anteile von Baualtersklassen über alle Wohngebäude-Typen auf einem bundesweiten Hektar-Raster bezogen. Dabei konnte a priori eine Einteilung der Baualtersklassen in der Datengrundlage nach energetischen Kriterien in Anlehnung an die Deutsche Wohngebäudetypologie bzw. die Gebäudetypologie des GEMOD vorgenommen werden (IWU 2015; Jochum et al. 2017).

Basierend auf der Verschneidung der Baualtersklassen mit den aufbereiteten/angereicherten Gebäudedaten erfolgt die Berechnung der gebäudespezifischen Energiebezugsfläche A_N in Anlehnung an die Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes bzw. der DIN 4108-6. Nach einem Abgleich der Gesamtflächen auf Bundesebene mit den in GEMOD hinterlegten Werten, wird die Energiebezugsfläche jedoch vom einem berechneten Netto-Gebäudevolumen pro Gebäude abgeleitet und nicht vom vollständigen Brutto-Gebäudevolumen, da dies zu deutlich höheren Werten führe würde. Zur Berechnung des Netto-Gebäudevolumens wurden baualters- und hauptnutzungsabhängige Kennzahlen zur Geschosshöhe und zum Umfang der Konstruktionsflächen (Mauern und Wände) implementiert. Bei Nichtwohngebäuden entspricht die im Wärmeatlas Deutschland 3.0 berechnete Energiebezugsfläche in etwa der Energiebezugsfläche nach IWU (2022).

In einem letzten Schritt wurden 20,1 Mio. als Wohngebäude klassifizierte Objekte anhand der Grundfläche, der Gebäudehöhe und der Topologie (Nachbarschaftsbeziehungen) in zehn baustrukturelle Wohngebäudetypen ausdifferenziert:

¹ BEAM: Basic European Assets Map (<https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSNO24>).

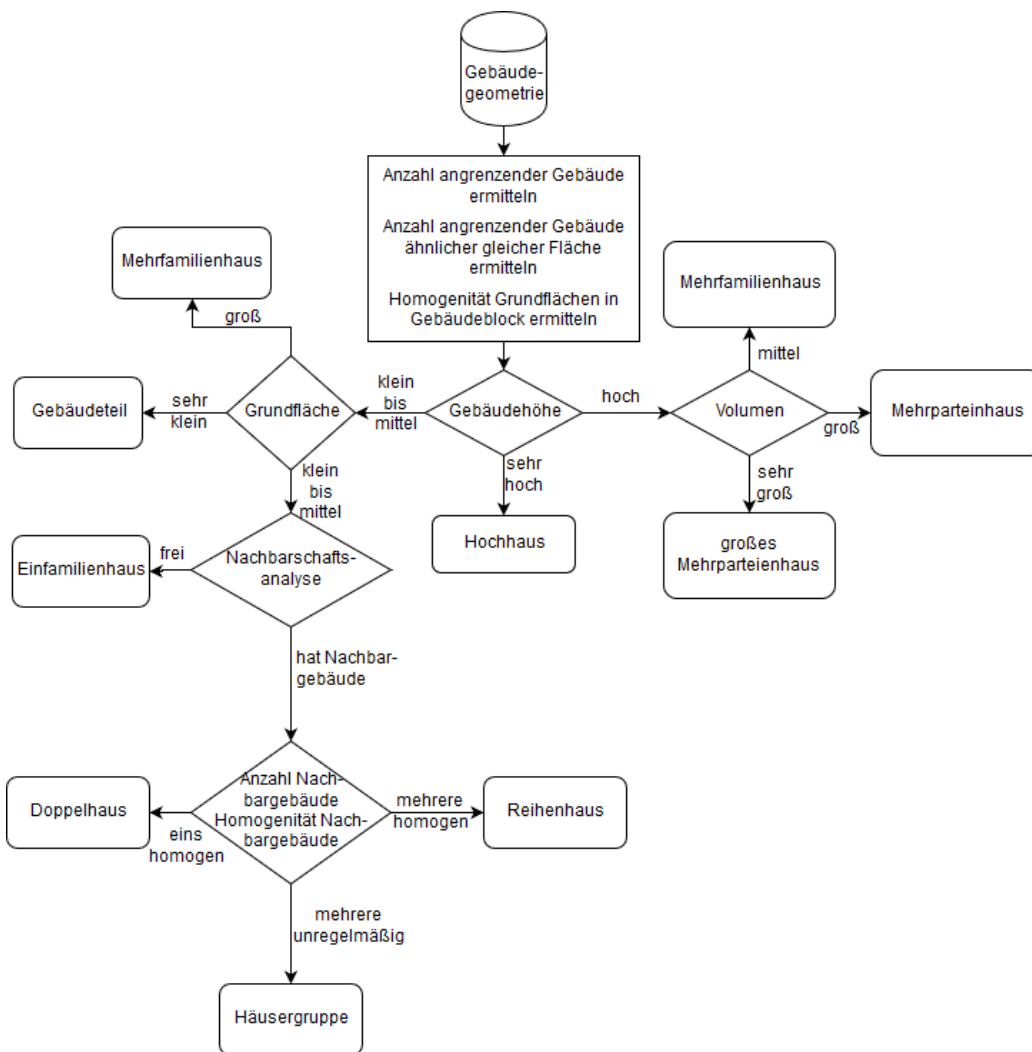


Abbildung 2: Schema der baustrukturellen Wohngebäudetypisierung.

3.3 Energetische Gebäudetypisierung

Ziel der Gebäudetypisierung ist die Zuordnung eines energetischen Gebäudetyps nach der GEMOD-Systematik (vgl. Gebäudetypen nach Tabelle 2, S. 6) anhand der verfügbaren, angereicherten ALKIS-Objektnutzungsschlüssel und der weiteren Vor-Einteilung des Wohngebäudebestandes nach baustrukturellen Kriterien (vgl. Abbildung 2, Seite 10). Dabei wurde in Anlehnung an die Berechnungsmethodik des GEMOD eine klare Abgrenzung zwischen Wohn- und Nichtwohnnutzung verfolgt (Jochum et al. 2015). Eine Simulation von Mischnutzungstypen bei der Berechnung von Energiekennzahlen oder eine Aufteilung von Gebäudegeometrien in weitere energetisch typisierte Nutzungszonen wird nicht durchgeführt. Stattdessen wird das Dominanzprinzip verfolgt und z.B. Gebäude mit Gewerbeflächen im Erdgeschoss und mehreren Wohngeschossen darüber als Wohngebäude modelliert.

Da der vorhandene Katalog an Objektnutzungsschlüsseln nach der ALKIS-Systematik nicht für eine Kategorisierung von Gebäudenutzungen nach energetischen Kriterien entwickelt wurde und darüber hinaus im GEMOD keine Mischnutzungen abgebildet werden, ist eine exakte Übereinstimmung von Anzahl und Energiebezugsfläche pro GEMOD-Gebäudetyp insbesondere bei Nichtwohnnutzungen im GIS-Modell nicht möglich.

In einem ersten Schritt wurden die verfügbaren Nutzungsschlüssel über einen manuellen Abgleich der Beschreibung der Gebäudenutzung in Textform mit den GEMOD-Gebäudetypen kategorisiert und iterativ angepasst. Die Aufgliederung des Wohngebäudebestandes in zehn Typen wurde über eine Einteilung in die vier energetischen Wohngebäudetypen Ein- und Zweifamilienhaus (EFH), Reihenhaus (RH), Mehrfamilienhaus (MFH) und Großes Mehrfamilienhaus (GMH) vereinfacht. In Summe werden im Wärmeatlas Deutschland 3.0 20,1 Mio. beheizte Wohngebäude mit einer kumulierten Energiebezugsfläche von 4,59 Mrd. [m²] identifiziert. Im Abgleich mit Statistiken auf Bundes- und Landesebene wird damit eine hohe Übereinstimmung in Bezug auf die Erfassung des Wohngebäudebestandes erreicht (98% der Energiebezugsfläche in GEMOD).

Zusätzlich werden 1,3 Mio. beheizte Nichtwohngebäude mit einer kumulierten Energiebezugsfläche von 1,46 Mrd. [m²] im Wärmeatlas Deutschland 3.0 identifiziert und für die Wärmebedarfsmodellierung genutzt. Damit werden rund 80% der Energiebezugsfläche des deutschen Nichtwohngebäudebestandes im Abgleich mit dem GEMOD im Wärmeatlas Deutschland 3.0 abgebildet. Die geringere Abdeckung ist primär auf die hohe Anzahl an Gebäuden in der Geodatengrundlage mit dem ALKIS-Objektnutzungsschlüssel „Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe“ zurückzuführen, die im Wärmeatlas Deutschland 3.0 zwar grob dem energetischen Gebäudetyp „Produktions-, Werkstatt-, Lager- oder Betriebsgebäude“ zugeordnet werden, jedoch aufgrund der weiterhin unklaren realen Nutzung und Beheizung in ihrer Relevanz im Sinne des Gebäudeenergiegesetzes als „unklar“ eingestuft und nicht bei der Wärmebedarfsmodellierung berücksichtigt werden (vgl. Evaluierung Kapitel 4.1). Beheizte Gebäude des energetischen Typs „Technikgebäude (Ver- und Entsorgung)“ konnten anhand der ALKIS-Objektnutzungsschlüssel ebenfalls nicht identifiziert werden.

3.4 Wärmebedarfsberechnung

Im Wärmeatlas Deutschland 3.0 wird der verbrauchskalibrierte Nutzenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser (Abbildung 3, orange) ausgewiesen, der unabhängig von eingesetzten Heizungssystemen ist. Zusätzliche Verteilverluste innerhalb des Gebäudes, Umwandlungs- bzw. Übergabeverluste von Wärmeerzeugern oder Transportverluste bis zur Gebäudegrenze können (und müssen) für lokale Analysen technologiespezifisch abgeschätzt werden.

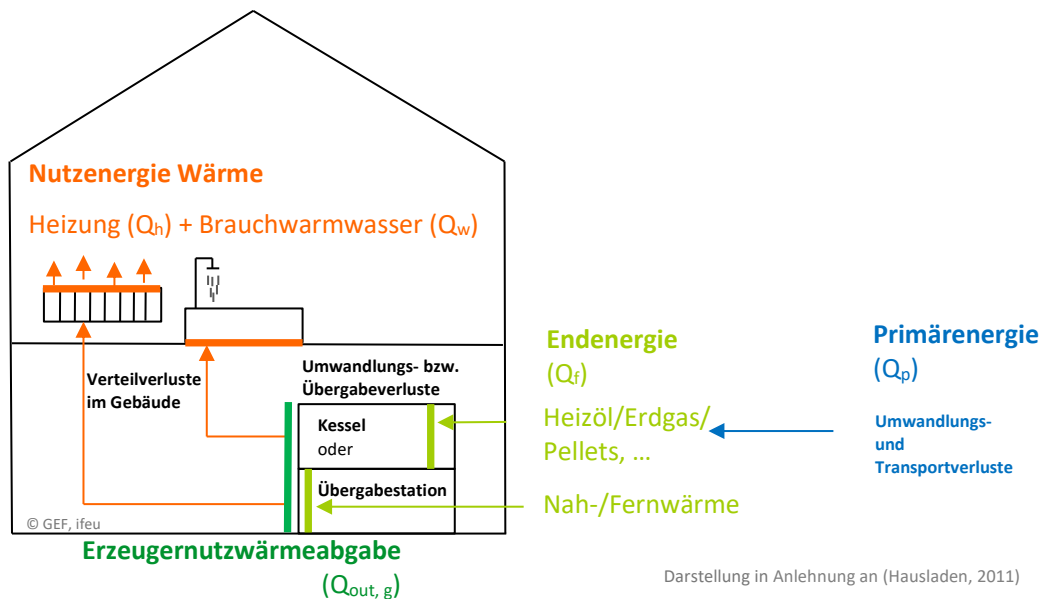


Abbildung 3: Bilanzgrenzen Nutzenergie, Endenergie, Primärenergie in der Gebäude-Wärmeversorgung.

Auf Grundlage der dargestellten energetischen Gebäudetypisierung wurde ein teil-automatisiertes Verfahren zur Integration spezifischer Energiekennzahlen des jährlichen Nutzwärmeverbrauchs [$\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$] im Basisjahr 2022 aus Simulationsergebnissen des Gebäudemodells GEMOD entwickelt. Die Energiekennzahlen spiegeln mittlere Sanierungsstände pro energetischem Gebäudetyp und Baualterklasse wider und sind nach den fünfzehn Klimazonen der DIN 18599-10 mit den Klimadaten der Testreferenzjahre 1961-1990 des Deutschen Wetterdienstes räumlich differenziert. Die Kennwerte aus dem GEMOD enthalten zusätzlich eine nach Gebäudetypen differenzierte Verbrauchskalibrierung in Anlehnung an (IWU 2015) und sind auf bundesweite Statistiken zum Endenergieverbrauch zur Wärmeversorgung des Gebäudebestandes kalibriert (Jochum et al. 2015).

Die Energiekennzahlen pro energetischem Gebäudetyp und Baualterklasse werden räumlich differenziert nach den 15 Klimazonen aus dem GEMOD in die GIS-Datenbank übergeben und anschließend auf Ebene des 100m-Rasters als kleinste räumliche Aggregationseinheit nach den hinterlegten Anteilen der Baualterklassen im Wohngebäudebestand aus der Gebäude- und Wohnungszählung (GWZ) 2011 gewichtet gemittelt. Hierbei wird angenommen, dass die in den Rasterzellen identifizierten beheizten Nichtwohngebäude in Bezug auf die Baualterklassenverteilung dieselben Anteile wie der Wohngebäudebestand aufweisen. Beheizten Gebäuden in Zellen ohne Informationen zum Baualter aus den GWZ 2011-Daten

werden die Baualtersverteilungen auf Bundesebene aus dem GEMOD als Gewichtungsfaktor der Energiekennzahlen zugeordnet (Abbildung 4).

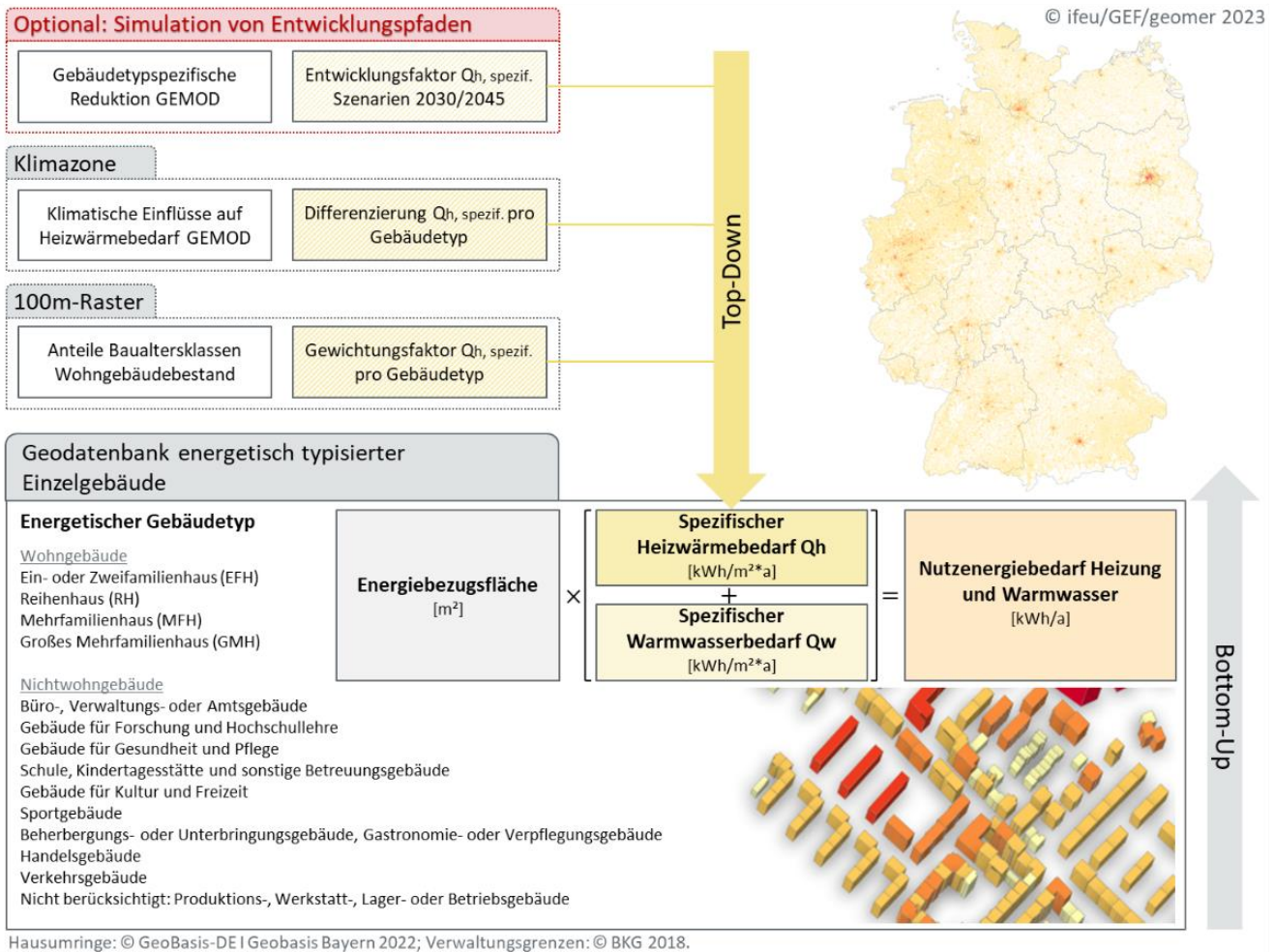


Abbildung 4: Schematische Darstellung der räumlichen Modellierung des Nutzwärmebedarfs nach dem Energiekennzahlenverfahren im Wärmeetlas Deutschland 3.0. Hausumringe: © GeoBasis-DE | Geobasis Bayern 2022.

Zusätzlich zu den Ergebnissen des Energiekennzahlenverfahrens sind im Wärmeetlas Deutschland 3.0 für die Abschätzung des Heizwärmebedarfs von Wohngebäuden die Ergebnisse des Monatsbilanzverfahrens hinterlegt. Hierbei wird anhand der 3D-Geometrie die thermische Hüllfläche aufgegliedert nach den Bauteilen Kellerdecke, Außenwand, Fenster und Dach/obere Geschossdecke einzelner Gebäude abgeleitet. Über kleinräumige Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes (Test-Referenzjahre 1995-2012, 1km-Raster) und bauteilspezifischen U-/g-Werten der Bauteile und Norm-Parametern wird anschließend eine Monatsbilanz des Heizwärmebedarfs berechnet. Dieses stärker Bottom-Up-orientierte Verfahren entspricht der Methodik der Heizwärmebedarfsberechnung gemäß DIN 4108-6 (GEG) und liefert tendenziell höhere Heizwärmebedarfe als die statistisch kalibrierten und stärker gemittelten Energiekennzahlen aus GEMOD. Anwendungshilfen für die verschiedenen Werte finden sich in Kapitel 4.2.

4 Evaluierung & Anwendungshilfen

4.1 Energiebezugsflächen

Die Energiekennzahlen sind in kWh Nutzwärme pro m² energetische Nutzfläche A_N gemäß GEG angegeben. Die energetische Nutzfläche A_N von Wohngebäuden ist ca. 20% größer als die Wohnfläche. Die in GEMOD hinterlegten Umrechnungsfaktoren für einzelne Gebäudetypen von A_N auf die Wohnfläche sind in Tabelle 4 gelistet. Der angegebene Mittelwert ist anhand der bundesweiten Gebäudeanzahl pro Baualtersklasse abgeschätzt.

Tabelle 4: Verhältnis Energiebezugsfläche Wärmeatlas Deutschland 3.0 (entspricht A_N bei WGB) [m²] / Wohnfläche [m²].

Gebäudetyp	Baualtersklasse											Gewichteter Mittelwert nach Baualtersklassenanteilen auf Bundesebene
	A Bis 1859	B 1860- 1918	C 1919- 1948	D 1949- 1957	E 1958- 1968	F 1969- 1978	G 1979- 1983	H 1984- 1994	I 1995- 2001	J 2002- 2011	K Ab 2012	
EFH	1,23	1,48	1,22	1,20	1,24	1,23	1,06	1,20	1,23	1,15	1,15	1,23
RH	1,43	1,43	1,32	1,10	1,12	1,11	1,33	1,16	1,17	1,12	1,12	1,21
MFH	1,29	1,53	1,07	1,07	1,17	1,08	1,10	1,09	1,25	1,24	1,24	1,19
GMF	1,43	1,43	1,41	1,06	1,19	1,04	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19

Im Vergleich mit den in GEMOD hinterlegten Werten zur Energiebezugsfläche auf Bundesebene (angelehnt an Wohnflächenstatistik von Destatis und Nichtwohngebäudetypologie nach IWU (2022)) werden im Wärmeatlas Deutschland 3.0 mit 4,59 Mrd. Quadratmetern die Flächen von Wohngebäuden nahezu vollständig abgebildet (entspricht rund 3,83 Mrd. Quadratmetern Wohnfläche). Bei Nichtwohngebäuden werden mit 1,46 Mrd. Quadratmetern nur knapp 80% der Flächen im Wärmebedarfsmodell abgedeckt. Dies ist primär auf die unzureichenden Nutzungsinformationen zurückzuführen, durch die beheizte Nichtwohngebäude zum Teil nicht erfasst werden können (Gebäude des Typs „Produktions-, Wertstatt-, Lager oder Hallengebäude“ als unklares Wärmebedarfsprofil) (Abbildung 5).

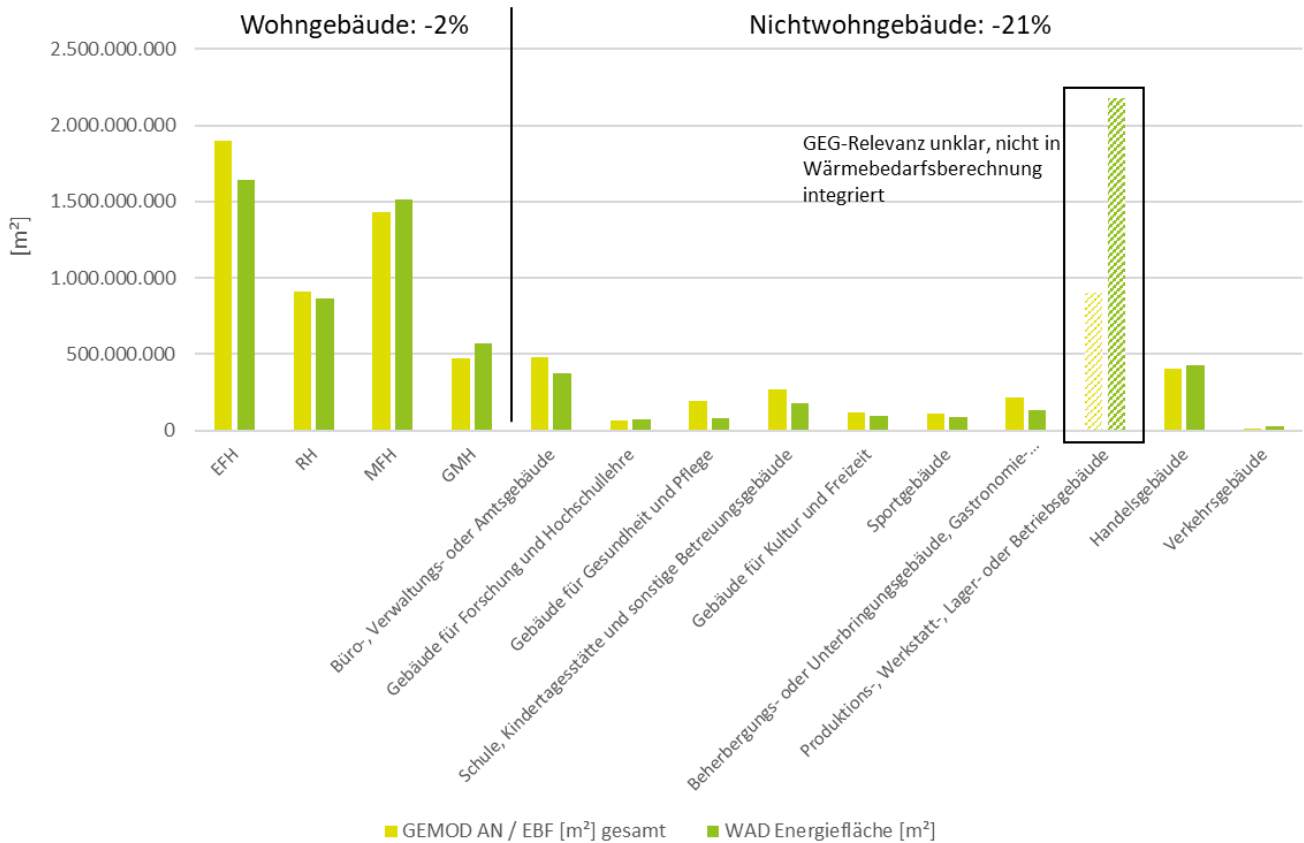


Abbildung 5: Vergleich der Energiebezugsflächen auf Bundesebene aus dem Gebäudemodell GEMOD mit den für die Wärmebedarfsberechnung erfassten Flächen im Wärmeatlas Deutschland 3.0.

4.2 Verfahren zur Wärmebedarfsberechnung

Im Wärmeatlas Deutschland 3.0 wird standardmäßig auf Energiekennzahlen in Kilowattstunden pro Quadratmeter Nutzfläche aus dem ifeu-Gebäudemodell GEMOD zurückgegriffen, die nach Gebäudetyp, Baualtersklasse und 15 Klimazonen differenziert werden. Damit wird für alle Wohn- und alle Nichtwohngebäude eine Abschätzung des Nutzwärmebedarfs für die Raumheizung Q_h (Spalte „qh_2022_ekv_kwh_a“) und für die Brauchwassererwärmung Q_w (Spalte „qw_2022_kwh_a“) getroffen. Die Ergebnisse zeigen eine hohe Übereinstimmung mit Energiestatistiken auf Bundesebene: Bei Wohngebäuden liegt der Wärmeatlas Deutschland 3.0 4% über den witterungsbereinigten Ergebnissen von GEMOD im Basisjahr, bei Nichtwohngebäuden aufgrund der unzureichenden Nutzungsinformationen 16% unter den GEMOD-Werten.

Im Abgleich mit lokalen Verbrauchsdaten aus mehreren Bundesländern hat sich jedoch gezeigt, dass die Ergebnisse des Energiekennzahlenverfahrens auf kleinräumiger Ebene oftmals deutlich niedriger ausfallen. Für Wohngebäude, mit vergleichsweise homogenen energetischen Parametern, sind im Wärmeatlas Deutschland 3.0 zusätzlich die Ergebnisse einer bauteilbasierten Berechnung des jährlichen Heizwärmebedarfs Q_h nach dem Monatsbilanzverfahren integriert (Spalte „qh_2022_mbv_kwh_a“). Dafür werden die Flächen einzelner Bauteile aus den 3D-Gebäudemodellen abgeleitet und mit simulierten mittleren U- bzw. g-Werten pro Gebäudetyp und Baualtersklasse aus dem GEMOD verschnitten. Die monatliche Wärmebilanz wird für jedes einzelne Wohngebäude über Daten zur mittleren

Außentemperatur und zur solaren Einstrahlung aus den Testreferenzjahren des DWD (Bezugszeitraum 1995-2012) auf Ebene eines 1km-Rasters gebildet. Die Ergebnisse Heizwärmebedarfsberechnung werden zusätzlich anhand einer generischen, empirisch abgeleiteten Formel verbrauchskalibriert. Für Nichtwohngebäude sowie allgemein für die Brauchwarmwasserbereitung sind im Wärmeatlas Deutschland 3.0 nur die Ergebnisse des Energiekennzahlenverfahrens hinterlegt.

Das Monatsbilanzverfahren liefert für Wohngebäude im Mittel deutlich höhere Heizwärmebedarfe als das Energiekennzahlenverfahren. Auch wird generell eine breitere Verteilung der Energiekennzahlen erreicht, die auch innerhalb kleinräumiger Verbrauchsdaten typisch ist. In den Ergebnissen des Energiekennzahlenverfahrens ist eine stärkere „Tendenz zu Mittelwerten“ zu sehen, die auf die auf mittleren Sanierungsstände ausgerichtete und die Kalibrierung auf Statistiken der Gebäudesimulation in GEMOD zurückzuführen ist (Abbildung 6). Gleichzeitig liegen die Ergebnisse des Monatsbilanzverfahrens deutlich über der Bundesstatistik. Welche Werte zu Heizwerten von Wohngebäuden genutzt werden sollten, kann je nach Anwendungsfall entschieden werden.

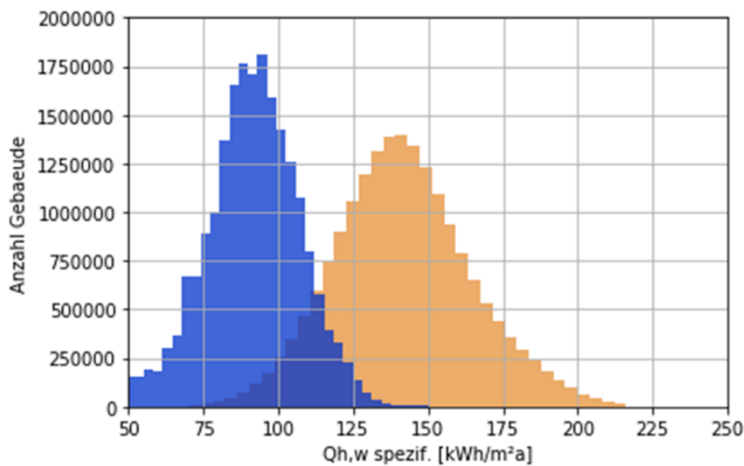


Abbildung 6: Verteilung der spezifischen Energiekennzahlen der Wohngebäude im Wärmeatlas Deutschland 3.0 nach Energiekennzahlenverfahren (blau) und Monatsbilanzverfahren (orange).

4.3 Abgleich mit Verbrauchsdaten

Im Rahmen eines Projektes zur Erstellung eines Wärmeatlas Hessen (WAH) für die LEA LandesEnergieAgentur Hessen GmbH wurden modellbasierten Bedarfsdaten auf Basis der Methodik des Wärmeatlas Deutschland 3.0 mit Verbrauchsdaten verglichen (Blömer et al. 2023). Dazu standen für vier Gemeinden adressscharfe Gas-Verbrauchsdaten zur Verfügung. Für drei dieser Gemeinden erfolgte der Vergleich durch ein Team der Universität Kassel.

Eine sinnvolle Anzahl von Gebäuden für eine statistische Auswertung liegt für den Gebäudetyp Einfamilienhaus (EFH) und Reihenhaus (RH) vor. Für den Sektor GHD liegt die Anzahl der Bedarfsdatensätze so deutlich über der Anzahl der Verbrauchsdatensätze, dass davon ausgegangen wird, dass hier über eine Gas-Heizung sehr häufig mehrere Gebäude versorgt werden. Der Vergleich von gebäudescharfen Bedarfsdaten mit nicht gebäudescharfen Verbrauchswerten ist nicht aussagekräftig, daher wird auf eine Auswertung dieser Typgebäude verzichtet.

Für den Vergleich werden die Gas-Verbrauchsdaten zunächst witterungsbereinigt und von Endenergie Brennwert in Nutzenergie Heizwert umgerechnet. Sowohl für die Bedarfsdaten als auch für die Verbrauchsdaten werden spezifische Nutzwärmebedarfe pro m^2 Energiebezugsfläche ermittelt. Als Fläche wird in beiden Fällen die im WAH-Modell ermittelte Energiebezugsfläche verwendet (abgekürzt: m^2 WAH). Bei den Verbrauchswerten werden Datensätze mit weniger als $60 \text{ kWh}_{\text{NE}}/\text{m}^2_{\text{WAH}}$ und mehr als $300 \text{ kWh}_{\text{NE}}/\text{m}^2_{\text{WAH}}$ als unplausibel entfernt. Dadurch entfallen ca. 250 Datensätze mit Verbräuchen $>300 \text{ kWh}_{\text{NE}}/\text{m}^2_{\text{WAH}}$ und ca. 400 Datensätze mit Verbräuchen $<60 \text{ kWh}_{\text{NE}}/\text{m}^2_{\text{WAH}}$. Für den Vergleich verbleiben ca. 5.800 Datensätze.

Für die Typgebäude und für den gesamten Sektor Private Haushalte wird eine Verteilung der spezifischen Verbräuche sowie ein Median ermittelt. Abbildung 7 zeigt die Verteilung, die bei den Verbrauchswerten eine starke Streuung aufweist, aufgrund der höheren Diversität der Gebäudehülle, der Gebäudetechnik, der Gebäudenutzung und des Nutzerverhaltens. Den modellierten Bedarfsdaten liegen Annahmen für Typgebäude zugrunde, was zu einer geringeren Streuung der spezifischen Kennwerte führt.

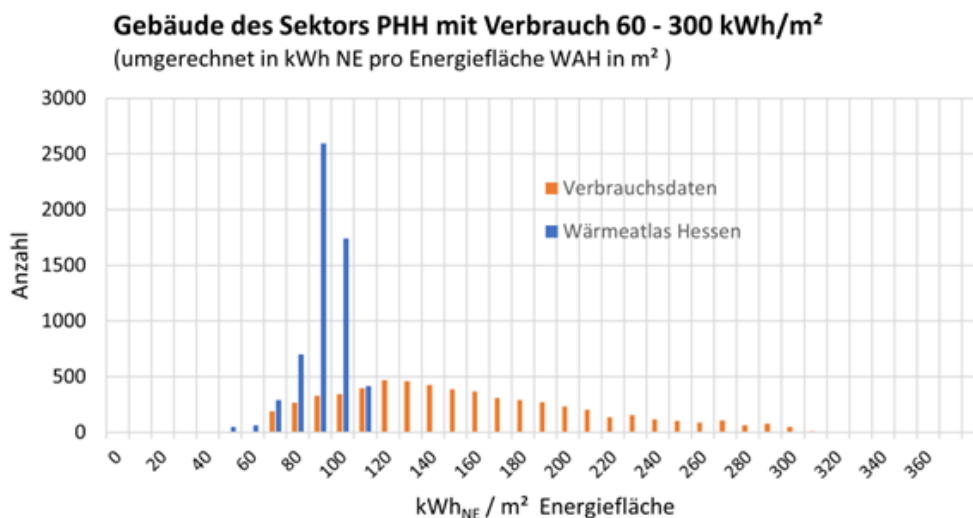


Abbildung 7: Verteilung der spezifischen Nutzenergie-Verbrauchs- und –Bedarfswerte für Wohngebäude.

Für die spezifischen Werte wurde für jede Gemeinde der Median ermittelt. Während bei den kleinen Gemeinden 3 und 4 eine sehr hohe Übereinstimmung bei den Medianwerten für den spez. Verbrauch und den spezif. Bedarf festgestellt wurden, liegen die Medianwerte des spez. Bedarfs für Gemeinde 3 deutlich und für Gemeinde 4 sehr stark unter denen des spez. Verbrauchs (Tabelle 5).

Tabelle 5: Vergleich spez. Bedarfs- und Verbrauchskennwerte für Wohngebäude in vier Gemeinden.

Datensätze im Wärmeatlas Hessen (WAH) mit zuordenbarem spezifischem Verbrauch zwischen 60 und 300 kWh _{NE} /m ² a	Anzahl Datensätze	Median	Median	Vergleich
		Gasverbrauch kWh _{NE} /m ² a	Bedarf WAH kWh _{NE} /m ² a	Gas = 100% Anteil WAH
Gemeinde 1	< 10.000	141	86	61%
Gemeinde 2	< 5.000	123	100	81%
Gemeinde 3	< 1.000	103	102	99%
Gemeinde 4	< 1.000	104	101	97%

Für die stark schwankenden Abweichungen zwischen den Gasverbräuchen und den modellierten Daten des Wärmeatlas Hessen konnte keine systematische Erklärung gefunden werden. Auch über Ursachen für die deutlichen Unterschiede innerhalb der Medianwerte des Gasverbrauchs in den vier Gemeinden kann nur spekuliert werden (wird in einigen Gemeinden mehr mit Holz zugeheizt als in anderen? Unterscheidet sich der Sanierungsstand? Heizen die Menschen sparsamer? Wirken sich die klimatischen Bedingungen im Modell anders aus als in der Realität? etc.). Ohne Hinweise auf eine systematische Ursache ist eine Anpassung des Modells nicht sinnvoll.

Eine Auswertung über nur vier Gemeinden ist statistisch nicht repräsentativ, trotzdem kann der Vergleich den Nutzern des Wärmeatlas Deutschland 3.0 eine Einschätzung ermöglichen, mit welchen Unsicherheiten die Bedarfsdaten behaftet sind. Diese Einschätzung sollte bei der Anwendung beachtet werden.

4.4 GIS-Tool zur Erstellung stundenscharfer Wärmebedarfsprofile

Im Rahmen des Projektes [EnEff:Wärme: ENA – Energieleitplanung zur netzgebundenen Abwärmenutzung](#) wurde basierend auf der Methodik von Hellwig (2003) ein Tool zur automatischen Erstellung synthetischer, stundenscharfer Jahreslastgänge basierend auf Geodaten zum Jahreswärmebedarf-/verbrauch entwickelt, das sich als Plugin in die freie Geoinformationssystemsoftware [QGIS](#) einbinden lässt. Die Installationsdateien und eine Dokumentation können [hier](#) kostenfrei heruntergeladen werden.

Der Bedarf an Raumwärme ist nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt, sondern in erster Linie von der Außentemperatur abhängig. Für die Skalierung eines Wärmenetzes ist ein Lastgang von Wärmebedarf über das Jahr notwendig, um die zeitliche Verfügbarkeit von Wärmequellen und Wärmebedarf abzugleichen. Daten zum Wärmebedarf oder Wärmeverbrauch einzelner Gebäude liegen jedoch in der Regel nur aggregiert für Kalenderjahre vor. Das von ifeu entwickelte GIS-Tool ermöglicht eine schnelle Bereitstellung stundenscharfer Werte aus jährlichen Daten für variabel selektierbare Gebäudebestände (z.B. einzelne Quartiere).

Das Tool benötigt Eingangsdaten zum gebäudescharfen jährlichen Wärmebedarf/-verbrauch, die an das Datenschema des Wärmeetlas Deutschland 3.0 angepasst sind. Die einzelnen Gebäude müssen einem von 15 energetische Gebäudetypen (vgl. Kapitel 3.1, Kapitel 3.3, Wohn-/Nichtwohngebäudetypologien des IWU) zugeordnet sein, die im Tool mit typischen Heizprofilen verknüpft sind. Wenn vorhanden, kann das Baujahr von Wohngebäuden als Indikator für das Maß des baulichen Wärmeschutzes in die Berechnung mit einbezogen werden (Eingabemaske siehe Abbildung 8). Intern werden deutschlandweite Temperaturdaten des europäischen Erdbeobachtungsprogramm [Copernicus](#) verwendet. Diese liegen in einem flächendeckenden Raster mit der Seitenlänge 9 km für die Jahre 2016 bis 2021 vor. Der Jahreswärmebedarf wird stundenscharf auf das Jahr verteilt. Das Ergebnis wird als interaktive Grafik im Browser angezeigt und wird parallel als Excel-Datei ausgegeben.

Abbildung 8: QGIS-Plugin zur Erstellung von synthetischer Lastgänge der Wärmebedarfs.

Benutzeroberfläche mit diversen Einstellungsmöglichkeiten

5 Literatur

Blömer, S., Mellwig, Peter, S. Ochse, S. Drahorad, B. Huber und S. Jäger (2023): Wärmeatlas Hessen. Dokumentation. Heidelberg, Leimen. Online unter: https://www.waermeatlas-hessen.de/docs/Dokumentation_WAH2023.pdf (zugegriffen 12.01.2024).

Hellwig, M. (2003): Entwicklung und Anwendung parametrisierter Standard-Lastprofile. Dissertation.

Hörner, M. und J. Bischof (2022a): Typologie der Nichtwohngebäude in Deutschland. Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Online unter: <https://github.com/IWUGERMANY/Nichtwohngebäude-Typologie-Deutschland> (zugegriffen 21.08.2023).

Hörner, M. und J. Bischof (2022b): Typologie der Nichtwohngebäude in Deutschland – Methodik, Anwendung und Ausblick. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Online unter: https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/221020_IWU-WP_NWG-Typologie_de_final.pdf.

Institut Wohnen und Umwelt (2016): Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016, Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt.

IWU (2015): Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden.

Jochum, P., P. Mellwig, A. von Oehsen, M. Peht, J. Fehr, A. Fortuniak, J. Lempik, M. Kulka, T. Blachut und T. Wallstab (2015): Dämmbarkeit des deutschen Gebäudebestands.

Jochum, P., P. Mellwig, J. Lempik, M. Peht, S. Böttcher, A. von Oehsen, D. Stelter, S. Blömer, J. Fehr, T. Krenz und H. Hertle (2017): Ableitung eines Korridors für den Ausbau der erneuerbaren Wärme im Gebäudebereich - Anlagenpotenzial. Berlin, Heidelberg.

Loga, T., B. Stein, N. Diefenbach, R. Born, und Institut Wohnen und Umwelt (Hg.) (2015): Deutsche Wohngebäudetypologie: beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden ; erarbeitet im Rahmen der EU-Projekte TABULA - „Typology approach for building stock energy assessment“, EPISCOPE - „Energy performance indicator tracking schemes for the continuous optimisation of refurbishment processes in European housing stocks“. 2., erw. Aufl. Darmstadt: IWU.

Wandinger, M. (2018): Die amtlichen 3D-Gebäudemodelle in der Ausprägung LoD1 (LoD1-DE). Online unter: <http://www.adv-online.de/Adv-Produkte/Weitere-Produkte/3D-Gebaedemodell-LoD/>.