

Wärmennavigator 2.0

– Dokumentation –

Das vorliegende Dokument enthält die Dokumentation zum Online-Wärmennavigator 2.0, der im INTERREG-geförderten Projekt *Task Force Wärmewende* entwickelt wurde. Der Wärmennavigator 2.0 ist eine browserbasierte Kartenanwendung, die den Wärmebedarf von Gebäuden innerhalb der Projektregion abbildet. Den Anwendern soll hiermit ermöglicht werden, den Wärmebedarf von zusammenhängenden Baugebieten schnell abzuschätzen und aufzuzeigen, wo sich aufgrund eines hohen Wärmebedarfs die Zentralisierung der Wärmeversorgung durch den Bau eines Wärmenetzes wirtschaftlich und ökologisch rentieren könnte (Stand der Dokumentation: Juni 2021).

Herausgeber:



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Simon Nießen, Christian Käufer, Elmar Brüggling

Entwickler:



verhelderen · wegwijzen · vormgeven

Arjan Tuijnder, Dillen Bruil, Luc Henderik



Jürgen Dressel, Daniel Höggemann, Jan Ahlmeyer

Gefördert durch:



1 Einleitung

Der Wärmenavigator 2.0¹ wurde im Rahmen des INTERREG-geförderten Projektes „Task Force Wärmewende“ entwickelt und ist ein interaktives Open-Source-Tool, das den Wärmebedarf auf Gebäudeebene in eine Wärmebedarfsdichte für Flächen (Angabe in Megawattstunden pro Hektar und Jahr) und Straßen (Angabe in Kilowattstunden pro Meter und Jahr) umrechnet.

Der Benutzer soll die Möglichkeit haben, zu erkennen, ob sich die Zentralisierung der Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz in einem bestimmten Bestandsgebiet unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten rentieren könnte. Dabei steigt die Wahrscheinlichkeit dafür, dass sich ein Wärmenetz wirtschaftlich betreiben lässt, mit steigender Wärmebedarfsdichte.

Der Wärmenavigator 2.0 deckt auf niederländischer Seite die Provinzen Gelderland und Overijssel und auf deutscher Seite die Teile Nordrhein-Westfalens (NRW) ab, die zum INTERREG Deutschland-Niederland-Projektgebiet zählen.²

Der Gebäude-Wärmebedarf, der dieser Karte zugrunde liegt, wurde für Deutschland und die Niederlande aufgrund von verschiedenen Datengrundlagen mit unterschiedlichen Verfahren ermittelt. Nachfolgend wird zunächst die Berechnungsmethodik des Wärmenavigators 2.0 auf niederländischer und deutscher Seite beschrieben, bevor ein kurzes Vergleichsszenario aufgestellt wird.

¹ abrufbar unter <http://taskforce.wiefm.eu/ergebnisse/waermenavigator/>

² vgl. <https://www.deutschland-niederland.eu/ihr-interreg/facts-figures/>

2 Berechnungsmethodik

2.1 Niederlande

Das niederländische Zentralamt für Statistik (Centraal Bureau voor de Statistiek, CBS) betreibt eine Datenbank, die den spezifischen Erdgasverbrauch pro Bodenfläche (Angabe in Kubikmetern Erdgas pro Quadratmeter Bodenfläche) für Wohnungen und gewerblich genutzte Gebäude enthält. Für Wohngebäude hängt der spezifische Erdgasverbrauch insbesondere von den vier nachfolgenden Faktoren ab:

- Wohnungstyp:
 - Wohnung
 - Reihenendhaus
 - Doppelhaushälfte
 - Reihenmittelhaus
 - Freistehendes Haus
- Oberflächenklasse:
 - 15 m² bis 50 m²
 - 50 m² bis 75 m²
 - 75 m² bis 100 m²
 - 100 m² bis 150 m²
 - 150 m² bis 250 m²
 - 250 m² bis 500 m²
- Baujahresklasse:
 - bis 1946
 - 1946 bis 1965
 - 1965 bis 1975
 - 1975 bis 1992
 - 1992 bis 2000
 - 2000 bis 2014
 - ab 2014
- Energielabel:
 - A
 - B
 - C
 - D
 - E
 - F
 - G

Abb. 1 stellt einen Auszug aus der Datenbank³ des CBS für Wohngebäude dar. Anhand der farblichen Markierung wird die Funktionsweise der Datenbank beispielhaft erklärt.

³ <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83878NED/table> (online abgerufen: 16.12.2020)

		mittlerer spezifischer Erdgasverbrauch in m ³ /m ²			
Appartement	Totaal	Totaal	2018 ^o	12,6	
		A-label	2018 ^o	8,7	
			B-label	2018 ^o	10,6
			C-label	2018 ^o	12,2
			D-label	2018 ^o	14,0
			E-label	2018 ^o	14,7
			F-label	2018 ^o	15,0
			G-label	2018 ^o	15,4
			Geen label	2018 ^o	12,8
		1975 tot 1992	Totaal	2018 ^o	12,7
			A-label	2018 ^o	10,9
			B-label	2018 ^o	12,0
			C-label	2018 ^o	12,2
			D-label	2018 ^o	13,8
			E-label	2018 ^o	15,5
			F-label	2018 ^o	15,5
			G-label	2018 ^o	14,4
			Geen label	2018 ^o	12,7
		100 tot 150 m ²	Totaal	2018 ^o	9,7
			A-label	2018 ^o	7,2
			B-label	2018 ^o	8,1
			C-label	2018 ^o	9,8
			D-label	2018 ^o	10,8
			E-label	2018 ^o	11,6
			F-label	2018 ^o	12,2
		G-label	2018 ^o	12,5	
		Geen label	2018 ^o	10,0	
	1975 tot 1992	Totaal	2018 ^o	10,4	
		A-label	2018 ^o	8,6	
		B-label	2018 ^o	9,5	
		C-label	2018 ^o	10,1	
		D-label	2018 ^o	10,5	
		E-label	2018 ^o	11,5	

Abb. 1: Auszug aus der CBS-Datenbank für den Erdgasverbrauch von Wohngebäuden

Die rote Markierung zeigt den mittleren spezifischen Erdgasverbrauch in Kubikmetern Erdgas pro Quadratmeter Bodenfläche und Jahr für alle Wohnungen mit dem Energielabel D.

Die grüne Markierung enthält den mittleren jährlichen Verbrauchswert für alle Wohnungen mit dem Energielabel F, die zwischen 1975 und 1991 gebaut wurden.

Die schwarze Markierung enthält den mittleren jährlichen Verbrauchswert aller Wohnungen mit einer Wohnfläche von 100 bis 150 Quadratmetern, die kein Energielabel haben.

Die blaue Markierung zeigt den mittleren jährlichen Verbrauchswert aller Wohnungen mit einer Wohnfläche von 100 bis 150 Quadratmetern, die das Energielabel C tragen und zwischen 1975 und 1991 gebaut wurden.

Für gewerblich genutzte Gebäude hängt der spezifische Erdgasverbrauch von den drei folgenden Faktoren ab:

- Typ des gewerblich genutzten Gebäudes:
 - Einzelhandel mit Kühlung
 - Einzelhandel ohne Kühlung
 - Großhandel ohne Kühlung
 - etc.
- Oberflächenklasse:
 - 0 m² bis 250 m²
 - 250 m² bis 500 m²
 - 500 m² bis 1000 m²
 - 1000 m² bis 2500 m²
 - 2500 m² bis 5000 m²
- Baujahresklasse:
 - bis 1921
 - 1922 bis 1976
 - 1977 bis 1993
 - ab 1994

Abb. 2 zeigt einen Auszug aus der CBS-Datenbank⁴ für den Wärmeverbrauch von gewerblich genutzten Gebäuden. Auch hier erfolgt die Angabe des mittleren jährlichen Verbrauchswerts in Kubikmetern Erdgas pro Quadratmeter Bodenfläche.

		Gemiddeld aardgasverbruik					
		0 tot 250 m ²	250 tot 500 m ²	500 tot 1 000 m ²	1 000 tot 2 500 m ²	2 500 tot 5 000 m ²	
		m ³ /m ²					
Utiliteitsbouw dienstensector	Detailhandel met koeling	Tot 1921	19,8	18,6	16,5	12,0	.
		1922 tot 1976	20,2	17,8	15,7	12,0	.
		1977 tot 1993	16,4	17,9	12,6	12,0	.
		Vanaf 1994	14,4	12,5	9,9	9,3	5,9
Bouwjaar	Detailhandel zonder koeling	Tot 1921	17,8	12,8	9,7	7,6	.
		1922 tot 1976	18,1	12,6	9,4	7,5	7,3
		1977 tot 1993	14,9	10,7	8,6	7,6	6,2
		Vanaf 1994	12,8	8,8	6,9	5,8	5,5
	Groothandel zonder koeling	Tot 1921	18,9	15,8	10,5	.	.
		1922 tot 1976	21,0	14,8	10,7	7,8	7,5
		1977 tot 1993	16,3	11,4	9,9	8,6	6,6
		Vanaf 1994	11,7	9,1	7,4	6,2	6,3

Abb. 2: Auszug aus der CBS-Datenbank für den Erdgasverbrauch von gewerblich genutzten Gebäuden

Auf Grundlage der CBS-Daten kann der spezifische Erdgasverbrauch sowohl für gewerblich genutzte als auch für Wohngebäude unter Berücksichtigung der jährlichen Temperaturfluktuationen ermittelt werden.

Die Gebäudedaten stammen aus zwei verschiedenen Quellen. Wohngebäudetyp, Baujahr und Energielabel kommen aus einer Excel-Datei des Reichsdienstes für Unternehmen der Niederlande⁵ (Rijkdienst voor Ondernemend Nederland, RVO). Verwendungszweck gewerblich genutzter Gebäude, Fläche und Baujahr kommen aus dem Stammdatenregister für Adressen und Gebäude⁶ (Basisregistratie Adressen en Gebouwen, BAG). Das BAG enthält Daten auf der Ebene der Unterkunftsobjekte. Wohnungstyp, Baujahr und Energielabel des RVO sind über die Adresse mit der BAG-Datei verknüpft. Das Energielabel kann vorläufig oder endgültig sein und existiert sowohl für Wohn- als auch für Nichtwohngebäude. Industrielle Anwendungen sind nicht Teil des Wärmenavigators 2.0. Der spezifische Erdgasverbrauch jedes Unterkunftsobjekts wird durch die Verknüpfung der Gebäudeeigenschaften mit den CBS-Datenbanken ermittelt. Die Unterkunftsobjekte werden dann innerhalb eines Gebäudes zusammengefasst. Daraus ergibt sich der Erdgasverbrauch pro Gebäude. Anhand dessen wird durch Multiplikation mit dem unter Heizwert von Erdgas (hier: 31,65 MJ/m³) und Effizienz des Kessels von 107 % der Wärmebedarf der Gebäude berechnet. Der Berechnungsweg wird in Abb. 3 visualisiert.

⁴ <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83376NED/table?searchKeywords=utiliteitsbouw> (online abgerufen: 16.12.2020)

⁵ <https://www.ep-online.nl/ep-online/> (online abgerufen: 16.12.2020)

⁶ <https://www.kadaster.nl/zakelijk/registraties/basisregistraties/bag> (online abgerufen: 16.12.2020)

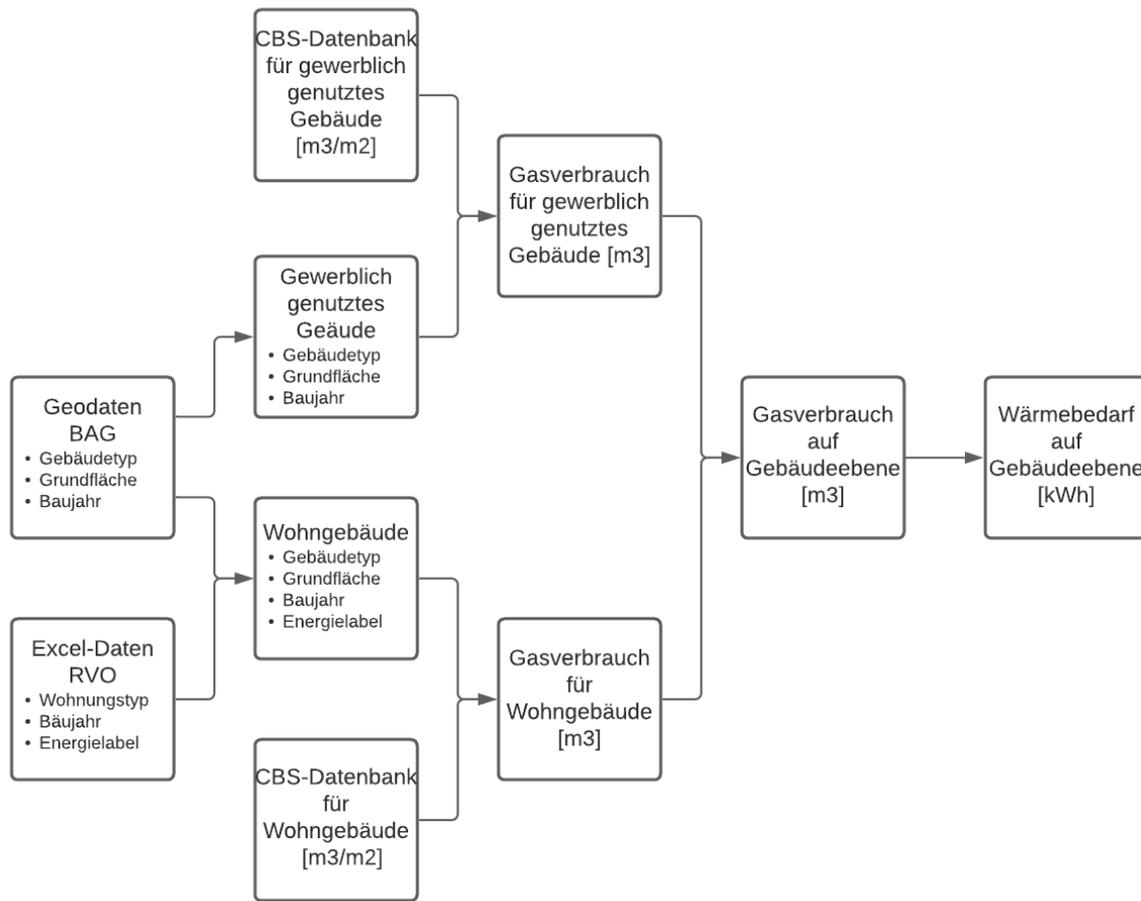


Abb. 3: Berechnung des jährlichen Gebäudewärmebedarfs in den Niederlanden

2.2 Deutschland/Nordrhein-Westfalen

Das Wärmebedarfsmodell für NRW wurde 2015 in einer ersten Version durch das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) entwickelt.⁷ Hierin wurde die Gebäudegrundfläche für die Ermittlung des Wärmebedarfs mit der Gebäudehöhe (Level of Detail (LoD) 1, s. Abb. 4) kombiniert. Diese Angaben stammen aus dem amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS NRW)⁸, welches vergleichbar mit dem BAG auf niederländischer Seite ist. Im Jahr 2017 wurde das Wärmebedarfsmodell durch das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) überarbeitet⁹, wobei Gebäudetypp und -alter in der Berechnungsmethodik ergänzt wurden. Zuletzt wurde das Wärmemodell im Jahr 2020 durch das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Materialforschung (IFAM) überarbeitet. Hierbei wurde das Modell für große Gebäude (wie Lagerhallen und Kirchen) angepasst und Gebäude ohne Wärmebedarf (Garagen, Scheunen etc.) wurden entfernt. Das heutige Modell bildet etwa 5,5 Millionen Gebäude ab. Dabei kommen die Wohngebäude auf einen Jahreswärmebedarf von 136 Terrawattstunden und die gewerblich genutzten Gebäude auf 82 Terrawattstunden.

⁷ vgl.: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/Fachbericht_40-Teil4-Geothermie_web.pdf

⁸ vgl.: https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/geobasis/liegenschaftskataster/alkis/index.html

⁹ vgl.: <https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/klimaangepassung/dokumente/AbschlussdokumentationBebNRW20170124.pdf>

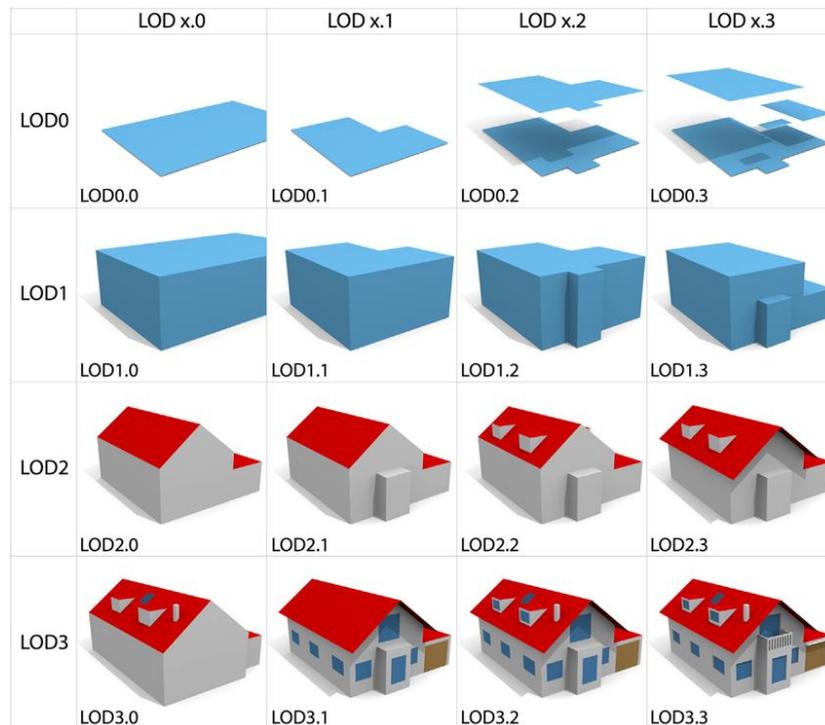


Abb. 4: Darstellung des Level of Detail (LoD) für die Gebäudemodellierung¹⁰

Der erste Schritt des Wärmebedarfsmodells besteht darin, jedem Gebäude einen der folgenden Gebäudetypen zuzuordnen:

- Klasse 0: Kein Wärmebedarf zugewiesen
- Klasse 1: Wohngebäude
- Klasse 2: Nichtwohngebäude (Standard)
- Klasse 3: Nichtwohngebäude mit geringem Raumwärmebedarf (z. B. Kirchen)
- Klasse 4: Nichtwohngebäude mit erhöhtem Raumwärmebedarf (z. B. Krankenhäuser)

Anschließend werden Bruttovolumen und Grundfläche der Gebäude ermittelt. Das Bruttovolumen errechnet sich dabei aus Gebäudefläche und mittlerer Gebäudehöhe (LoD 1). Das Bruttovolumen wird für gewerblich genutzte Gebäude mit 0,8 und für Wohngebäude mit 0,76 multipliziert. Beide Werte werden mit dem Faktor 0,32 (= durchschnittliche Geschosshöhe von 3,12 Metern) multipliziert. Für Gebäude der Klasse 3 wird dieser Faktor nach unten eingestellt und für Klasse 4 Gebäude wird dieser Faktor nach oben eingestellt.

Jede Gebäudetyp-Klasse wird anschließend mit einem Faktor beaufschlagt, der den spezifischen Wärmebedarf pro Quadratmeter Nutzfläche berücksichtigt. Für die Klassen 2, 3 und 4 sind dies die Faktoren 150, 75 und 300 kWh/(m²·a).

Bei Wohngebäuden ist die Ermittlung des spezifischen Wärmebedarfs umfangreicher. Es wurde hierfür vom Institut für Wohnen und Umwelt (IWU)¹¹ ein Modell entwickelt, das den

¹⁰ Biljecki et al.: An improved LOD specification for 3D building models. Computers, Environment and Urban Systems 59, 25–37. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.04.005>

¹¹ IWU – Institut für Wohnen und Umwelt GmbH (Hrsg.). Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie. 2003.

spezifischen Wärmebedarf auf der Grundlage des Gebäudetyps und des Baujahres ermittelt. Gebäudetyp- und Baujahr unterteilen sich in die folgenden Klassen:

- Gebäudetyp:
 - Einfamilienhäuser/Doppelhaushälften
 - Reihenhaus
 - Mehrfamilienhaus
 - Großes Mehrfamilienhaus
 - Hochhaus
- Baujahrklasse:
 - bis 1918
 - 1919 bis 1948
 - 1949 bis 1957
 - 1958 bis 1968
 - 1969 bis 1978
 - 1979 bis 1983
 - 1984 bis 1994
 - 1996 bis 2001
 - ab 2002

Die Wärmebedarfswerte gehen davon aus, dass 70 % der Wohnungen keine Dämmmaßnahmen und 30 % eine neue Fassaden-, Dach- und Wanddämmung haben. In ALKIS sind keine individuellen Daten zum Baujahr von Gebäuden verfügbar, sondern nur pro 100x100m Rasterdurchschnitt. In jedem Raster gibt es daher nur einen Wert für das Baujahr, der allen einzelnen Häusern zugeordnet ist. Der spezifische Wärmebedarf wird mit der ermittelten Grundfläche multipliziert, um den Wärmebedarf zu bestimmen. Die Ergebnisse wurden mit den tatsächlichen Verbrauchsdaten verglichen. Auffällig war dabei, dass die vom IWU ermittelten spezifischen Wärmebedarfswerte den tatsächlichen Wärmebedarf zu 10 % überschätzen. Daher wurden die Werte vom IWU mit einem Korrekturfaktor angepasst. Die so ermittelten spezifischen Wärmebedarfe sind in *Tab. 1* dargestellt.

Tab. 1: Spezifische Wärmebedarfswerte für Wohngebäude

Baudekade	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Baujahresklasse	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Baujahr	bis 1918	1919– 1948	1949– 1957	1958– 1968	1969– 1978	1979– 1983	1984– 1994	1995– 2001	ab 2002
Gebäudetyp	Wärmebedarf in kWh/m²a inklusive Warmwasser (13,5 kWh/m²a)								
Einfamilienhaus/ Doppelhaushälfte	202	160	184	142	155	116	115	104	78
Reihenhaus	172	144	143	119	138	105	93	94	77
Mehrfamilienhaus	151	160	176	140	124	109	106	102	72
Großes Mehrfamilienhaus	134	138	145	141	121	103	83	79	59
Hochhaus	81	84	88	107	95	79	65	62	47

Die spezifischen Wärmebedarfe in der gebäudescharfen Attributtabelle sind außerdem korrigiert um die regionalen Abweichungen zur Jahresmitteltemperatur in NRW und weichen damit leicht von den in *Tab. 1* enthaltenen Werte ab. Der angesetzte Korrekturfaktor liegt bei 0,33 % Zu- oder Abschlag pro 0,1 °C Unterschied.

Es gibt fünf verschiedene Rastertypen (s. *Tab. 2*).

Tab. 2: Rastertypen für das Wärmebedarfsmodell auf deutscher Seite

Raster 1	Wohngebäude, die auf Basis der Zensuszahlen berechnet wurden
Raster 2	Wohngebäude, die in Rasterzellen liegen, die keine Infos aus dem Zensus enthalten. Für diese wurden durchschnittliche Werte (Zensusdekade 4, Baujahresklasse E) angenommen. Wenn sie nachträglich ins Modell aufgenommen wurden, ist von einem Neubau auszugehen und es wurde Zensusdekade 9 (Baujahresklasse J) zugrunde gelegt.
Raster 3	Summe aus Raster 1 und 2
Raster 4	Summe aller Nichtwohngebäude
Raster 5	Summe aus Raster 3 und 4

Die einzelnen Berechnungsschritte sind in *Abb. 5* grafisch dargestellt.

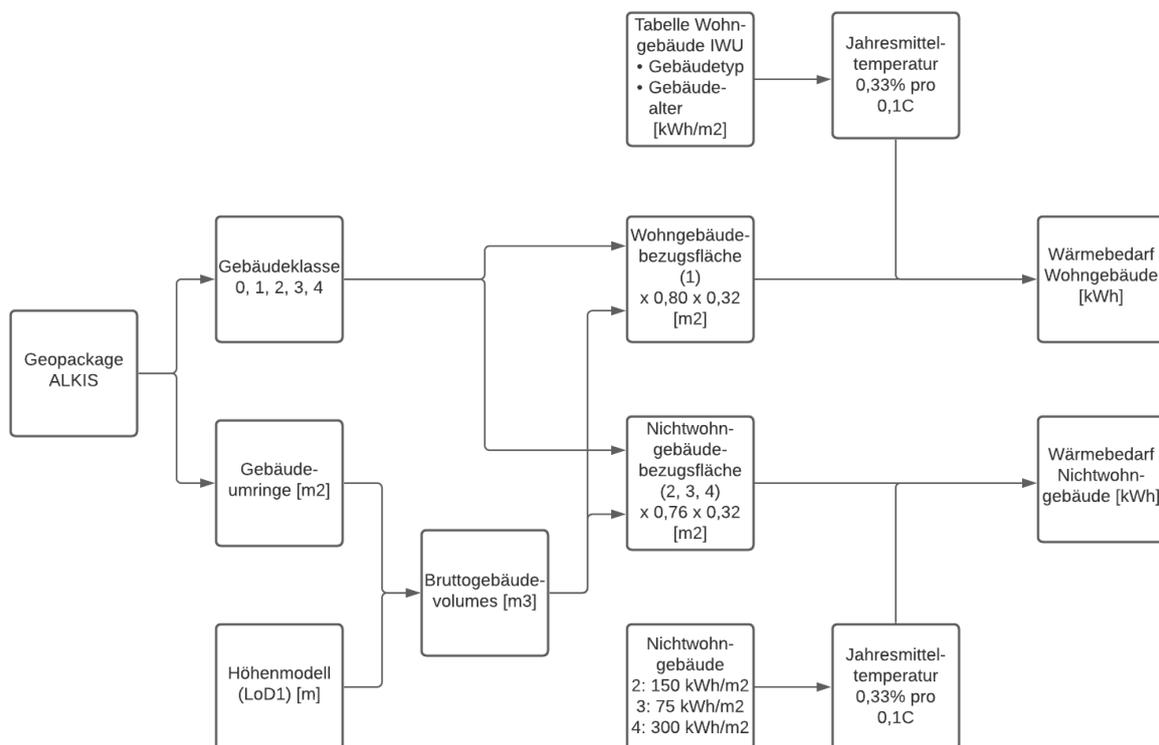


Abb. 5: Ermittlung des Wärmebedarfs pro Gebäude in Deutschland

3 Fazit

Nachfolgend sind Gemeinsamkeiten und Unterschiede der deutschen und niederländischen Wärmebedarfsmodelle aufgeführt:

	Wohngebäuden		Nicht-Wohngebäuden	
	Niederlande	Deutschland	Niederlande	Deutschland
<i>Spezifischer Wärmebedarf</i>	Gebäudetyp Oberflächenklassen Baujahr Energielabel	Gebäudetyp Baujahr	Gebäudetyp Oberflächenklassen Baujahr	2: 150 kWh/m ² 3: 75 kWh/m ² 4: 300 kWh/m ²
<i>Gebäudenutzfläche</i>	Registriert im BAG	Volumen x 0,80 x 0,32	Registriert im BAG	Volumen x 0,76 x 0,32
<i>Temperaturkorrektur</i>	Ja	Ja	Ja	Ja
<i>Validiert mit tatsächlichen Verbrauchsdaten</i>	Ja	Ja	Ja	Nein

Gemeinsamkeiten:

- In die Berechnung von Wohngebäuden fließen Daten zum Gebäudetyp und Baujahr ein.
- Temperaturkorrektur (Korrektur der Abweichung von mittlerer Jahresdurchschnittstemperatur).
- Wohngebäude sind validiert mit tatsächlichen Verbrauchsdaten.

Unterschiede:

- Das deutsche Modell arbeitet nicht mit Oberflächenklassen und Energielabels.
- Das deutsche Modell hat einen fester spezifischen Wärmebedarf für Nicht-Wohngebäude; das niederländische Modell verwendet den Typ des Nicht-Wohngebäudes, das Baujahrklasse und die Oberflächenklasse.
- Die Gebäude-Nutzfläche stammt auf niederländischer Seite aus dem BAG, während sie auf deutscher Seite anhand von Gebäude-Grundfläche und Gebäudehöhe errechnet wird.

Für eine grenzüberschreitende Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden zunächst die verschiedenen Wohngebäudetypen aufeinander abgestimmt. Jeder niederländische Wohnungstyp erhielt so eine deutsche Entsprechung (s. *Abb. 6*).

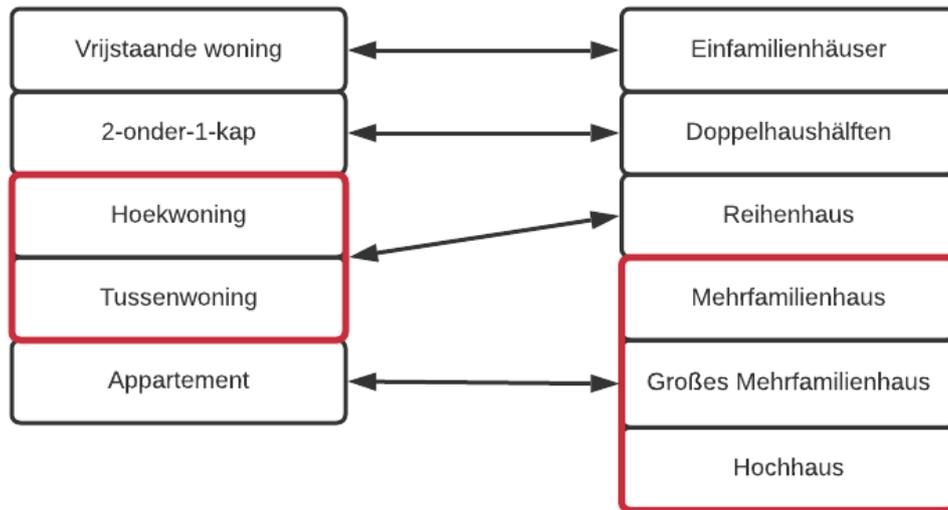


Abb. 6: Verwendete Wohngebäudetypen und deren grenzüberschreitende Entsprechung

Ein grenzüberschreitender Vergleich der über die Baujahre aufgetragenen ermittelten Wärmebedarfe ist für die verschiedenen Wohngebäudetypen in Abb. 7 dargestellt.

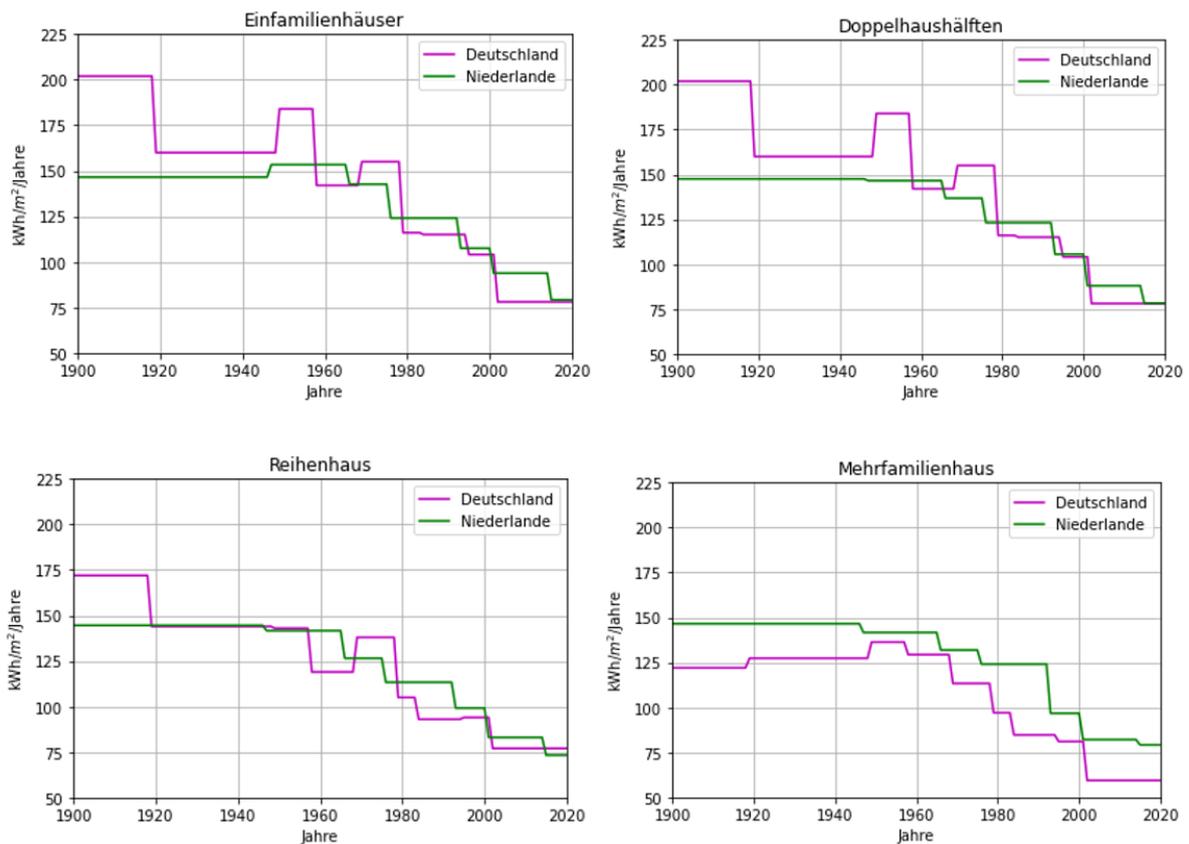


Abb. 7: Grenzüberschreitender Vergleich der ermittelten Wärmebedarfe

Die Diagramme zeigen, dass es keinen wesentlichen Unterschied zwischen dem spezifischen Wärmebedarf von Wohngebäuden auf deutscher und niederländischer Seite gibt.

Beispielhafter Vergleich: Enschede vs. Gronau

Um die Wärmedichte grenzübergreifend zu vergleichen, wurden die nach dem hier verwendeten Verfahren ermittelten Wärmebedarfe für zwei Gemeinden miteinander verglichen, die sich an der niederländisch-deutschen Grenzen direkt gegenüberliegen: Enschede und Gronau. Der Vergleich der ermittelten Bedarfsdaten und die daraus abgeleiteten Wärmemengendichten sind in *Tab. 3* dargestellt.

Tab. 3: Vergleich der Wärmebedarfsdichte zwischen Enschede und Gronau

	<i>Enschede</i>	<i>Gronau</i>
<i>berechnete Oberfläche in m²</i>	18.339.188	10.267.872
<i>Anzahl der Gebäude</i>	20.632	11.012
<i>Bebauungsdichte in Gebäude pro Hektar</i>	11,25	10,73
<i>mittlerer jährlicher Wärmebedarf in kWh pro Gebäude</i>	32.048	27.862

Die Daten zeigen, dass sowohl Bebauungsdichte als auch Wärmebedarf in Enschede etwas größer sind als in Gronau. Damit lässt sich begründen, dass auch die Wärmeflächendichte (in Kilowattstunden pro Hektar und Jahr) in Enschede größer ist als in Gronau (vgl. *Abb. 8*).

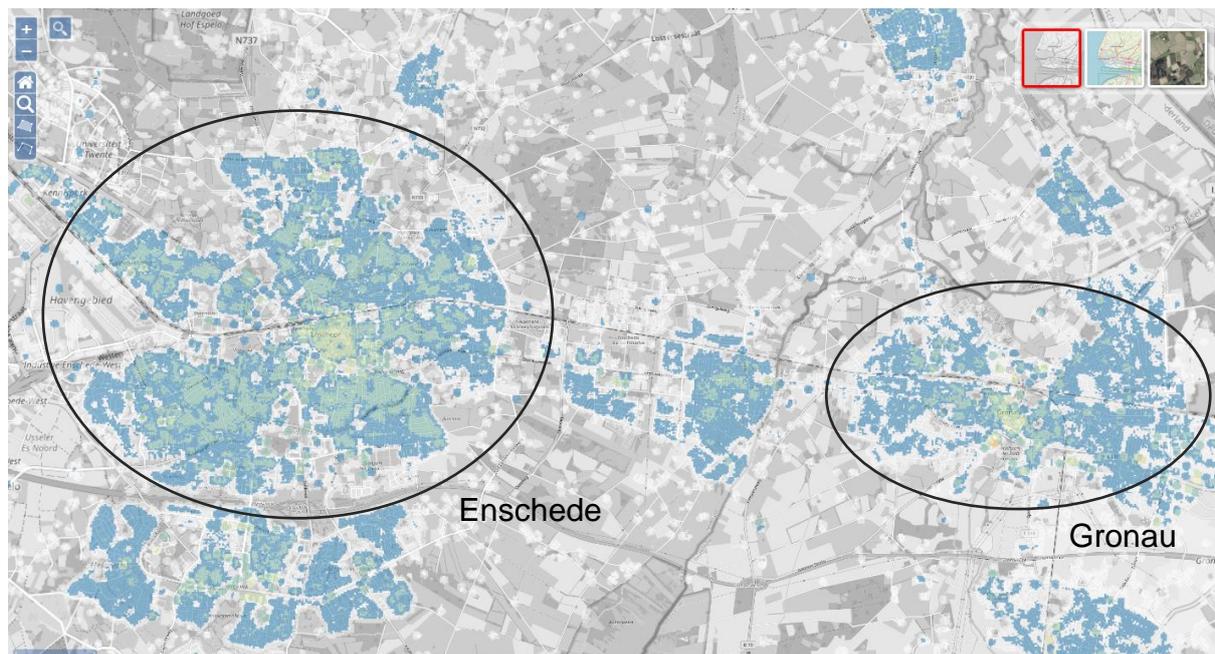


Abb. 8: Kartenausschnitt aus dem Wärmenavigator 2.0. Vergleich der Grenznachbarstädte Enschede und Gronau

4 Abkürzungen

ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BAG	Stammdatenregister für Adressen und Gebäude (Basisregistratie Adressen en Gebouwen)
CBS	Niederländisches Zentralamt für Statistik (Centraal Bureau voor de Statistiek)
IÖR	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LoD	Level of Detail, Detaillierungsgrad
NRW	Nordrhein-Westfalen
RVO	Reichsdienst für Unternehmen (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland)