

Warmtenavigators 2.0

– Documentatie –

Dit document bevat de documentatie voor de online warmtenavigators 2.0 en is ontwikkeld in het door INTERREG gefinancierde project Task Force Wärmewende. De warmtenavigators 2.0 is een browse gebaseerde kaartapplicatie die de warmtevraag van gebouwen binnen de projectregio weergeeft. Gebruikers zijn hierdoor snel in staat om de warmtevraag van aangrenzende gebouwgebieden in te schatten en op basis van een hoge warmtevraag inzicht te krijgen of de centralisatie van de warmtevoorziening door de aanleg van een warmtenet economisch en ecologisch rendabel kan zijn (status van de documentatie: juni 2021).

Editors:



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Simon Nießen, Christian Käufer, Elmar Brüggling

Ontwikkelaars:



verhelderen · wegwijzen · vormgeven

Arjan Tuijnder, Dillen Bruil, Luc Henderik



Jürgen Dressel, Daniel Höggemann, Jan Ahlmeyer

Gefinancierd door:



1 Inleiding

De warmtenavigator 2.0¹ is ontwikkeld als onderdeel van het door INTERREG gefinancierde project “Task Force Wärmewende” en is een interactieve open source tool die de warmtevraag op gebouwniveau vertaalt naar een warmtevraagdichtheid voor gebieden (uitgedrukt in megawattuur per hectare per jaar) en wegen (uitgedrukt in kilowattuur per meter per jaar).

De gebruiker heeft de mogelijkheid om te zien of de centralisatie van de warmtevoorziening door een warmtenet in een bepaald gebied economisch en ecologisch rendabel kan zijn. De kans dat een warmtenet economisch kan worden geëxploiteerd neemt toe naarmate de dichtheid van de warmtevraag toeneemt.

De warmtenavigator 2.0 bestrijkt het INTERREG gebied: de provincies Gelderland en Overijssel in Nederland en Noordrijn-Westfalen (NRW) in Duitsland.²

De warmtevraag van gebouwen waarop deze kaart gebaseerd is, zijn in Duitsland en Nederland bepaald op basis van verschillende databases en verschillende methoden. In dit document wordt de berekeningswijze van de warmtenavigator 2.0 beschreven voor de Nederlandse en Duitse kant. Waarnaar een kort vergelijkingsscenario wordt voorgelegd.

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

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

2 Berekeningsmethodiek

2.1 Nederland

Het Nederlandse Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) heeft een database met daarin het specifieke aardgasverbruik per vloeroppervlakte (uitgedrukt in kubieke meter aardgas per vierkante meter vloeroppervlakte voor woningen en utiliteitsgebouwen. Voor woningen hangt het specifieke aardgasverbruik af van een viertal specificaties:

- Type woning
 - Appartement
 - Hoekwoning
 - 2-onder-1-kapwoning
 - Tussenwoning
 - Vrijstaande woning
- Oppervlakteklasse
 - 15 m² tot 50 m²
 - 50 m² tot 75 m²
 - 75 m² tot 100 m²
 - 100 m² tot 150 m²
 - 150 m² tot 250 m²
 - 250 m² tot 500 m²
- Bouwjaarklasse
 - tot 1946
 - 1946 tot 1965
 - 1965 tot 1975
 - 1975 tot 1992
 - 1992 tot 2000
 - 2000 tot 2014
 - vanaf 2014
- Energielabel
 - A
 - B
 - C
 - D
 - E
 - F
 - G

Figuur 1 geeft een impressie van de database van het CBS voor woningen³, waarbij de functionaliteit van de database wordt uitgelegd aan de hand van de gekleurde markerings.

³ <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83878NED/table> (bezoekt op: 16-12-2020)

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

Figuur 1: Impressie database CBS voor het aardgasgebruik van woningen.

De rode markering geeft het gemiddelde specifieke aardgasgebruik in kubieke meter aardgas per vierkante meter vloeroppervlakte per jaar weer voor appartementen met het energielabel D.

De groene markering bevat de gemiddelde jaarlijkse gebruikswaarde van appartementen met het energielabel F die tussen 1975 en 1991 gebouwd zijn.

De zwarte markering bevat de gemiddelde jaarlijkse gebruikswaarde van appartementen met een woonoppervlakte van 100 tot 150 vierkante meter die geen energielabel hebben.

De blauwe markering geeft de gemiddelde jaarlijkse gebruikswaarde van appartementen met een woonoppervlakte van 100 tot 150 vierkante meter die het energielabel C dragen en gebouwd zijn tussen 1975 en 1991.

Voor utiliteitsgebouwen hangt het specifieke aardgasverbruik af van een drietal specificaties:

- Type utiliteitsgebouw
 - Detailhandel met koeling
 - Detailhandel zonder koeling
 - Groothandel zonder koeling
 - Etc.
- Oppervlakteklasse
 - 0 tot 250 m²
 - 250 tot 500 m²
 - 500 tot 1000 m²
 - 1000 tot 2500 m²
 - 2500 tot 5000 m²
- Bouwjaarklasse
 - tot 1921
 - 1922 tot 1976
 - 1977 tot 1993
 - Vanaf 1994

Figuur 2 geeft een impressie van de database van het CBS voor utiliteitsgebouwen⁴. Ook hier wordt de gemiddelde jaarlijkse gebruikswaarde gegeven in kubieke meter aardgas per vierkante meter vloeroppervlakte.

		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

Figuur 2: Impressie database CBS voor het aardgasgebruik van utiliteitsgebouwen.

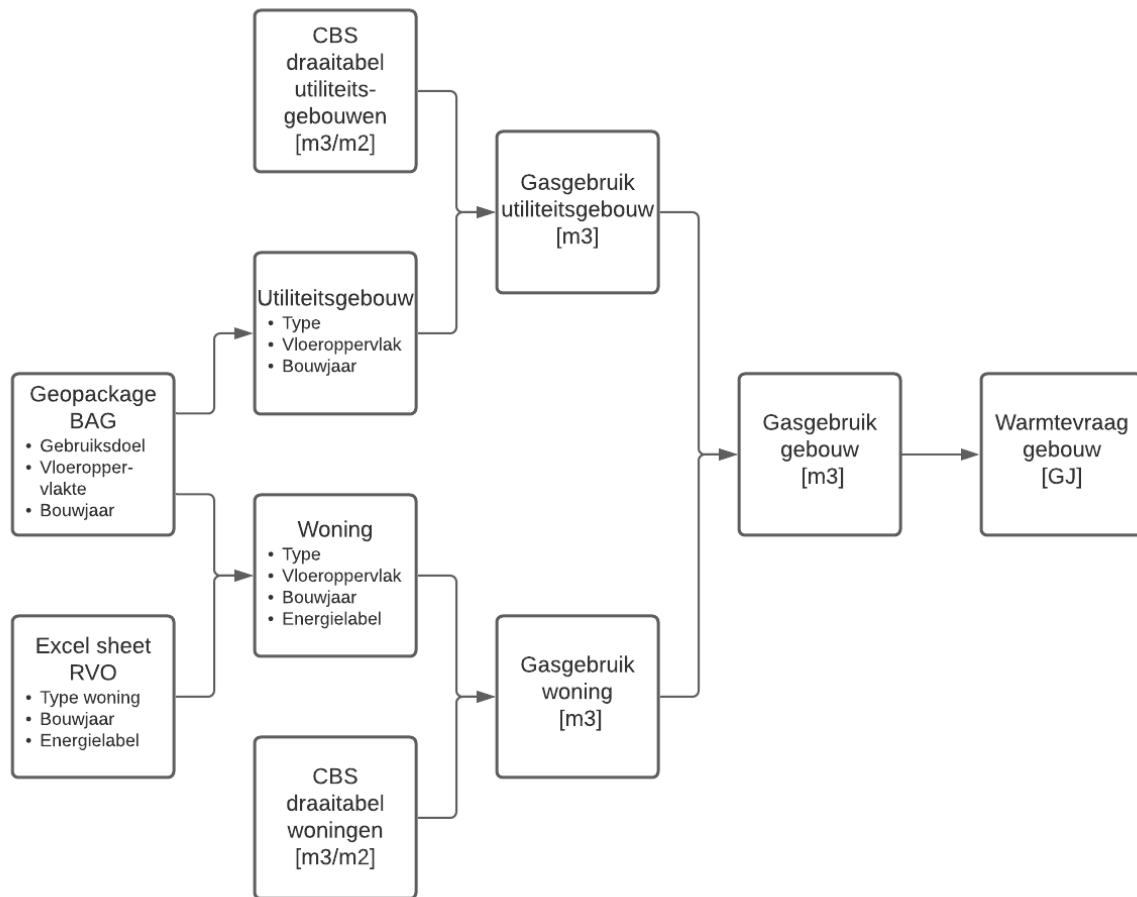
Het specifieke aardgasgebruik voor zowel woningen als utiliteitsgebouwen is berekend op basis van werkelijke gebruiksgegevens. Tevens is het per jaar gecorrigeerd voor afwijkingen in het jaargemiddelde temperatuur.

De specificaties voor woningen en utiliteitsgebouwen worden uit twee verschillende bronnen gehaald. Het type woning, bouwjaar en energielabel komen uit een Excel bestand van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland⁵ (RVO). Het gebruiksdoel, oppervlakte en bouwjaar komen uit een Geopackage bestand van de Basisregistratie Adressen en Gebouwen⁶ (BAG). De BAG bevat gegevens op verblijfsobject (VBO) niveau. Het type woning, bouwjaar en energielabel van de RVO wordt gekoppeld aan het BAG bestand d.m.v. het adres. Het energielabel kan voorlopig of definitief zijn en bestaat voor zowel woningen als utiliteitsgebouwen. Industriële toepassingen worden niet meegenomen in de Warmtenavigator 2.0. Van elk VBO wordt het specifieke aardgasverbruik bepaald door de specificaties te koppelen aan de databases van het CBS. Vervolgens worden de verschillende VBO's in hetzelfde gebouw samengevoegd. Zo ontstaat een aardgasverbruik per gebouw. Het aardgasverbruik wordt omgerekend naar een warmtevraag met de onderwaarde verbrandingswarmte van aardgas (31,65 MJ/m³) en een rendement van de ketel van 107 %. Het proces is schematisch weergegeven in Figuur 3.

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

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

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



Figuur 3: Bepaling warmtevraag per gebouw in Nederland.

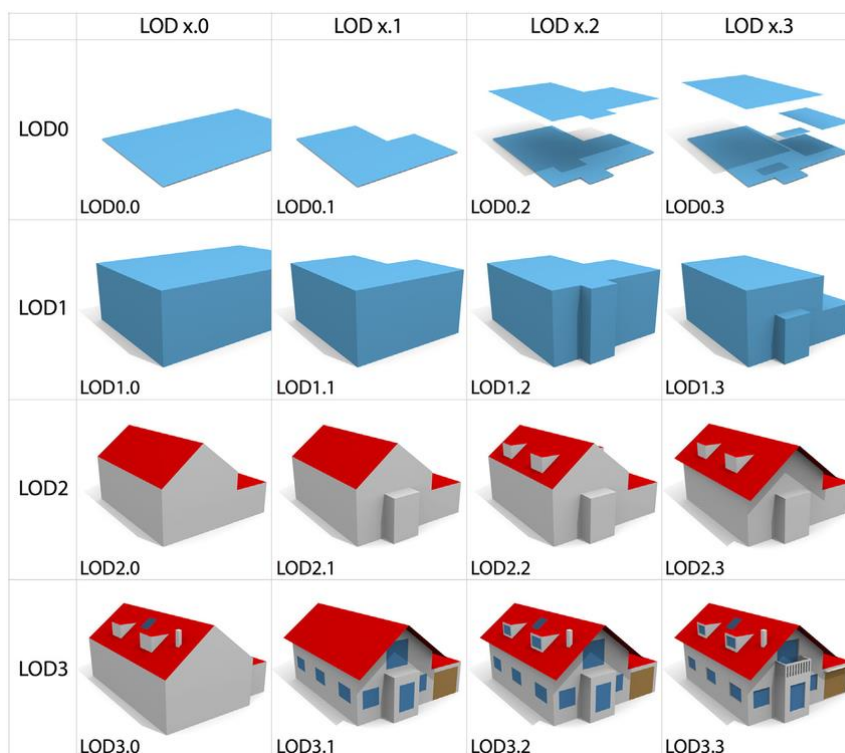
2.2 Duitsland/Nordrhein-Westfalen

Het warmtevraagmodel voor NRW is voor het eerst ontwikkeld in 2015 door het Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) van Noordrijn-Westfalen.⁷ Hierin werd de gebouwoppervlakte gecombineerd met de gebouwhoogte (Level of Detail (LoD) 1, zie figuur 4) om tot een resultaat te komen. De informatie werd uit het Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) NRW⁸ gehaald, vergelijkbaar met het Nederlandse BAG. In 2017 werd het warmtevraagmodel herzien door het Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR)⁹, waarbij het bouwtype en bouwjaar werden toegevoegd aan het model. Tot slot is het warmtemodel herzien in 2020 door het Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM). Hierin werd de warmtevraag van grote gebouwen (bijvoorbeeld magazijnen en kerken) verbeterd en werden gebouwen zonder warmtevraag verwijderd (bijvoorbeeld garages en schuren). Het huidige model bevat ca. 5,5 miljoen gebouwen. De woningen hebben een jaarlijkse warmtebehoefte van 136 terawattuur en utiliteitsgebouwen van 82 terawattuur.

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

⁸ https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/geobasis/liegenschaftskataster/

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



Figuur 4: Level of detail voor de gebouwmodellering.¹⁰

De eerste stap van het warmtevraagmodel is om aan elk gebouw een van de volgende gebouwtypen toe te wijzen:

- Klasse 0: Geen warmtevraag
- Klasse 1: Woningen
- Klasse 2: Niet-woningen (standaard)
- Klasse 3: Niet-woningen met verminderde warmtevraag (bijvoorbeeld een kerk)
- Klasse 4: Niet-woningen met verhoogde warmtevraag (bijvoorbeeld een ziekenhuis)

Vervolgens wordt per gebouw het bruto volume en vloeroppervlakte bepaald. Het bruto volume wordt berekend met de gebouwoppervlakte en de gemiddelde gebouwhoogte uit (LoD 1). Het bruto gebouwvolume wordt vermenigvuldigd met 0,80 voor utiliteitsgebouwen en met 0,76 voor woningen. Daarna worden beide vermenigvuldigd met 0,32 (= verdiepingshoogte van 3,12 meter). Voor klasse 3 gebouwen is deze factor naar beneden bijgesteld en voor klasse 4 gebouwen naar boven.

Aan elke klasse wordt een specifieke warmtevraag per vierkante meter vloeroppervlakte toegekend. Voor de klassen 2, 3 en 4 zijn dit 150, 75 en 300 kWh/(m²·a).

Voor woningen is de bepaling van de specifieke warmtevraag uitgebreider. Er is een model ontwikkeld door het Institut für Whonen und Umwelt (IWU)¹¹ dat de specifieke warmtevraag op basis van het bouwtype en bouwjaarklasse bepaalt. Het bouwtype en de bouwjaarklasse zijn als volgt onderverdeeld:

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.

- Type gebouw
 - Einfamilienhäuser/Doppelhaushälften
 - Reihenhäuser
 - Mehrfamilienhaus
 - Großes Mehrfamilienhaus
 - Hochhaus
- Bouwjaarklasse
 - tot 1918
 - 1919 tot 1948
 - 1949 tot 1957
 - 1958 tot 1968
 - 1969 tot 1978
 - 1979 tot 1983
 - 1984 tot 1994
 - 1996 tot 2001
 - vanaf 2001

De warmtevraagwaarden gaan ervan uit dat 70% van de woningen geen isolatiemaatregelen heeft en 30% een nieuwe gevel, dakisolatie en muurisolatie hebben. In ALKIS zijn geen individuele gegevens over het bouwjaar van woningen beschikbaar, maar alleen gemiddeld per 100x100m raster. Per raster is er dus één waarde voor het bouwjaar die aan alle individuele woningen wordt toegekend. De specifieke warmtevraag wordt vermenigvuldigd met de bepaalde vloeroppervlakte om de warmtevraag te bepalen. De uitkomsten zijn vergeleken met werkelijke gebruiksgegevens. Het blijkt dat de bepaalde warmtevraag 10% hoger is dan de werkelijke gebruiksgegevens. Daarom zijn de waarden door de IWU aangepast met een correctiefactor. De specifieke warmtevraag die op deze manier wordt bepaald is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Specifieke warmtevraag Duitse woning als functie van gebouwtype en bouwjaarklasse.

Bouwdecennium	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bouwjaarklasse	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Bouwjaar	tot 1918	1919–1948	1949–1957	1958–1968	1969–1978	1979–1983	1984–1994	1995–2001	vanaf 2002
Gebouwtype	Warmtevraag in kWh/m ² a inclusief warmtapwater (13,5 kWh/m ² a)								
Einfamilienhaus/ Doppelhaushälfte	202	160	184	142	155	116	115	104	78
Reihenhäuser	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

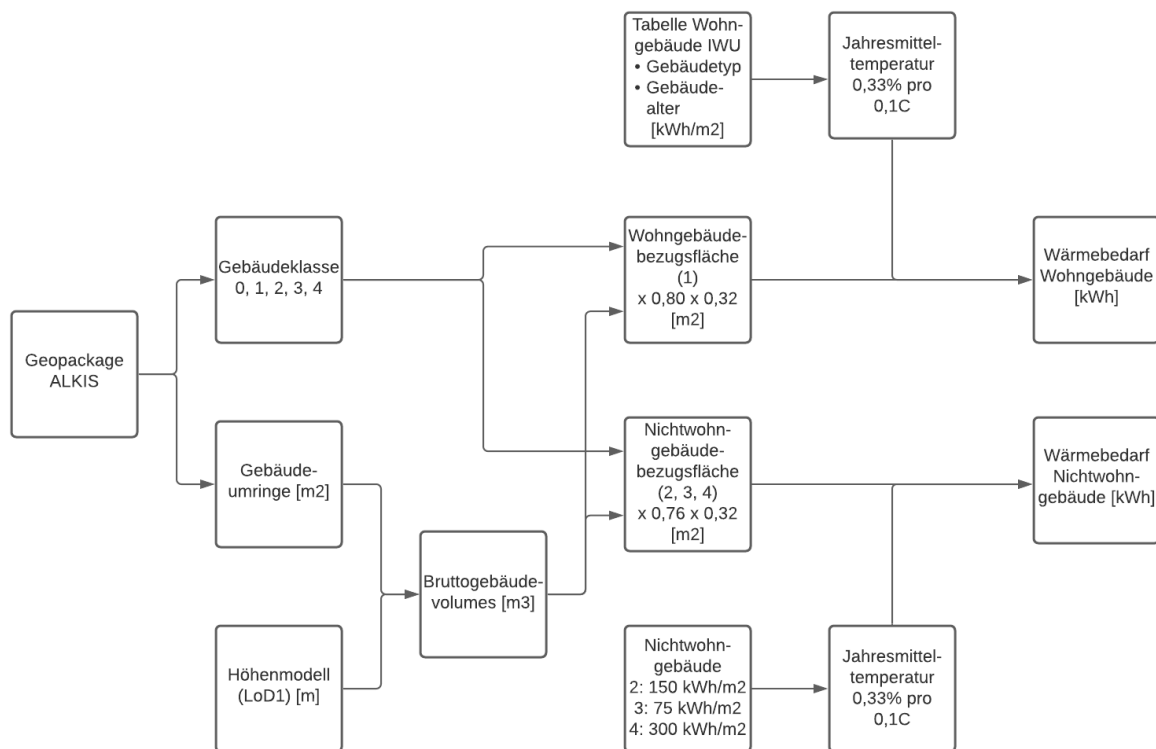
De specifieke warmtevraag wordt gecorrigeerd voor afwijkingen in jaargemiddelde temperatuur in NRW en wijken daarmee enigszins af van de waarden in Tabel 1. De toegepaste correctiefactor is 0,33% per 0,1 C.

Er bestaan vijf verschillende raster typen, zie Tabel 2.

Tabel 2: Verschillende rasters Duitse warmtevraagmodel.

Raster 1	Woningen op basis van bouwjaarperiode
Raster 2	Woningen in de rastercel die geen informatie over bouwjaar bevatten. Hiervoor is uitgegaan van gemiddelde waarden (bouwdecennium 4, bouwjaarklasse E). Woningen die aan het model worden toegevoegd worden geclassificeerd als nieuwbouw en in bouwdecennium 9 (bouwjaarklasse J) ingedeeld.
Raster 3	Combinatie van raster 1 en 2
Raster 4	Niet-woongebouwen
Raster 5	Combinatie van raster 3 en 4

Het proces is schematisch weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5: Bepaling warmtevraag per gebouw in Duitsland.

3 Conclusie

Overeenkomsten en verschillen tussen het Nederlandse en Duitse warmtemodel zijn hieronder opgesomd:

	Woningen		Utiliteitsgebouwen	
	<i>Nederland</i>	<i>Duitsland</i>	<i>Nederland</i>	<i>Duitsland</i>
<i>Specifieke warmtevraag</i>	Type Oppervlakteklasse Bouwjaar Energie label	Type Bouwjaar	Type Oppervlakteklasse Bouwjaar	2: 150 kWh/m ² 3: 75 kWh/m ² 4: 300 kWh/m ²
<i>Vloeroppervlakte</i>	Geregistreerd in BAG	Volume x 0,80 x 0,32	Geregistreerd in BAG	Volume x 0,80 x 0,32
<i>Temperatuurcorrectie</i>	Ja	Ja	Ja	Ja
<i>Gevalideerd met werkelijke gebruiksgegevens</i>	Ja	Ja	Ja	Nee

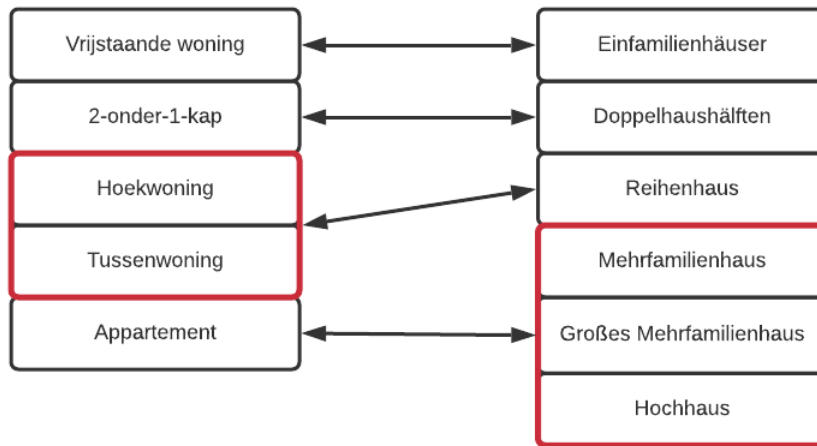
Overeenkomsten:

- Gegevens over het bouwtype en het bouwjaar worden meegenomen in de berekening van woningen
- Temperatuurcorrectie (correctie van de afwijking van de gemiddelde jaartemperatuur)
- Woningen zijn gevalideerd met werkelijke gebruiksgegevens

Verschillen:

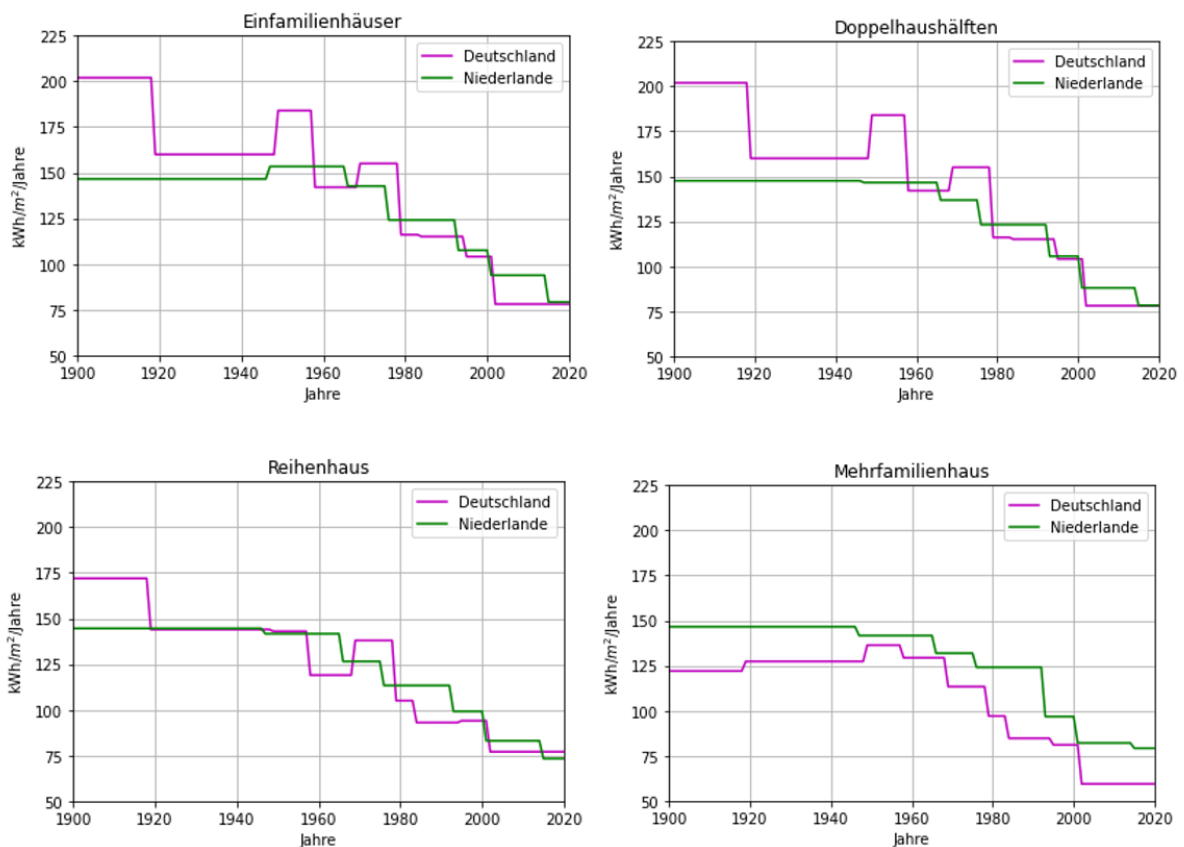
- Het Duitse model werkt niet met oppervlakteklassen en energielabels
- Het Duitse model heeft een vaste specifieke warmtevraag voor utiliteit. Het Nederlandse model maakt gebruik van het type, bouwjaarklasse en oppervlakteklasse
- Het vloeroppervlakte in aan Nederlandse kant geregistreerd in het BAG, aan Duitse zijde wordt het berekend op basis van gebouwoppervlakte en gebouwhoogte

Voor een grensoverschrijdende vergelijkbaarheid van de resultaten worden eerst de verschillende typen gebouwen op elkaar afgestemd. Elk Nederlands woningtype krijgt een Duits equivalent, zie Figuur 6.



Figuur 6: Gebruikte woningtypen en hun grensoverschrijdende equivalent.

Een grensoverschrijdende vergelijking van de bepaalde warmtevraag als functie van het bouwjaar is voor de verschillende woningtypen weergegeven in Figuur 7.



Figuur 7: Grensoverschrijdende vergelijking van de bepaalde warmtevraag.

Uit Figuur 7 blijkt dat er geen significant verschil is tussen de specifieke warmtevraag van woningen aan Duitse en Nederlandse zijde.

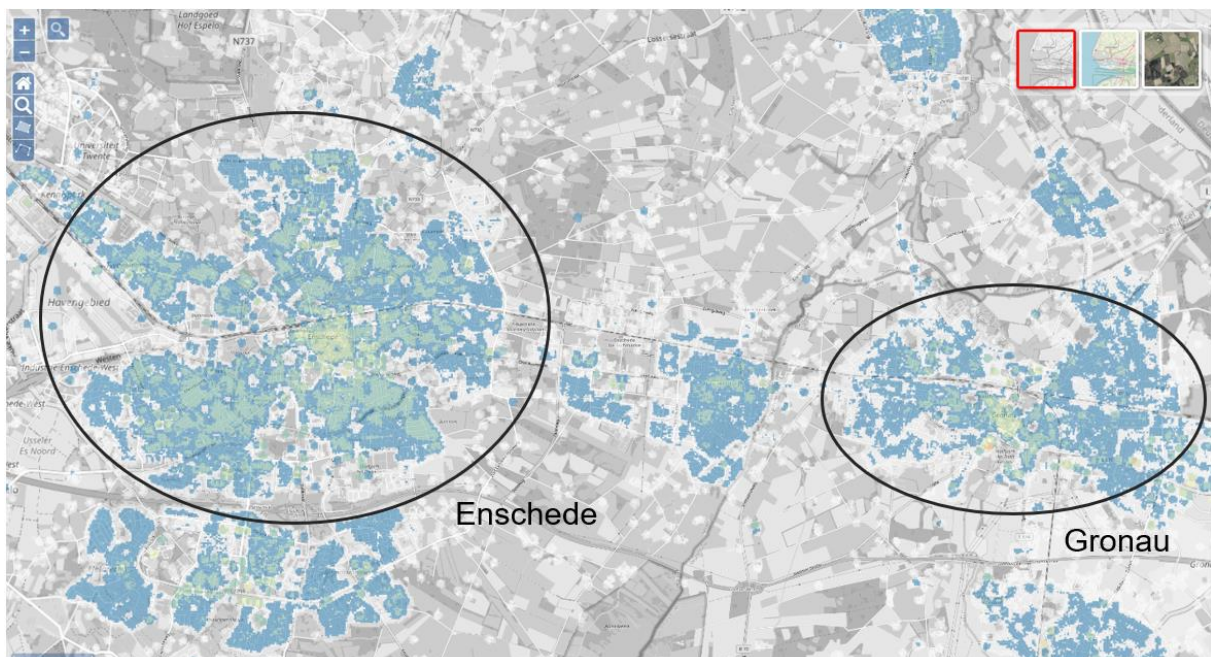
Voorbeeldvergelijking: Enschede vs. Gronau

Om de warmtedichtheid grensoverschrijdend te kunnen vergelijken, is de warmtevraag zoals bepaald met de beschreven methode vergeleken voor twee steden die naast elkaar liggen op de Nederlands-Duitse grens: Enschede en Gronau. De vergelijking van de bepaalde vraaggegevens en de daaruit volgende warmtedichtheden zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Vergelijking van de warmtevraagdichtheid tussen Enschede en Gronau.

	<i>Enschede</i>	<i>Gronau</i>
<i>Berkende oppervlakte in m²</i>	18.339.188	10.267.872
<i>Aantal gebouwen</i>	20.632	11.012
<i>Bebouwingsdichtheid</i>	11,25	10,73
<i>Gemiddelde jaarlijkse warmtevraag in kWh per gebouw</i>	32.048	27.862

Zowel de bebouwingsdichtheid als de warmtevraag zijn in Enschede hoger dan in Gronau. Dit kan verklaren waarom de warmtedichtheid in Enschede enigzins groter is dan in Gronau, zoals te zien in Figuur 8.



Figuur 8: Kaartsectie van de Warmtenavigator 2.0. Vergelijking van de naburige steden Enschede en Gronau.

4 Afkortingen

ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem Nordrhein-Westfalen
BAG	Basisregistratie Adressen en Gebouwen
CBS	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
NRW	Nordrhein-Westfalen
RVO	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland