

# Gebäudescharfe Analyse der Wärmebedarfssituation im suburbanen Raum am Beispiel der Stadt Wittichenau

**Pauline Grun, Joachim Seifert, Paul Seidel**

TU Dresden, Institut für Energietechnik, Professur für Gebäudeenergietechnik und  
Wärmeversorgung, Helmholtzstr.14, 01062 Dresden, +49 (0)351 / 463 35177,  
pauline.grun@tu-dresden.de, <https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/iet/gewv/>

TU Berlin Hermann Rietschel Institut / TU Dresden, Institut für Energietechnik, Professur für  
Gebäudeenergietechnik und Wärmeversorgung, Helmholtzstr.14, 01062 Dresden, +49  
(0)351 / 463 34909, joachim.seifert@tu-dresden.de, [https://tu-  
dresden.de/ing/maschinenwesen/iet/gewv/](https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/iet/gewv/)

TU Dresden, Institut für Energietechnik, Professur für Gebäudeenergietechnik und  
Wärmeversorgung, Helmholtzstr.14, 01062 Dresden, +49 (0)351 / 463 34639,  
paul.seidel@tu-dresden.de, <https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/iet/gewv/>

**Kurzfassung:** Zum 01. Januar 2024 trat in Deutschland das „Gesetz zur Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze“<sup>1</sup> in Kraft. Mit diesem Gesetz soll eine Klimaneutralität der Wärmenetze bis zum Jahre 2045 erreicht werden. Das Gesetz legt fest, dass bis zum 30.06.2028 in allen Gemeinden mit weniger als 100.000 Einwohnern eine verbindliche Wärmeplanung umgesetzt werden muss. Die Erreichung der Klimaneutralität der Wärmenetze erfordert eine detaillierte Kenntnis der aktuellen Bedarfssituation, insbesondere bei der Planung neuer Versorgungsstrukturen mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien. Häufig fehlen diese Daten, weisen keine einheitliche Qualität auf, sind nicht georeferenziert oder werden von den beteiligten Akteuren nicht bereitgestellt. Insbesondere im ländlichen Raum stellt die Beschaffung von Daten eine Herausforderung dar, da in Kleinstädten mit weniger als 20.000 Einwohnern entweder gar keine oder nur begrenzte Daten verfügbar sind. In diesem Beitrag wird eine Methode zur Bedarfsanalyse in einer Kleinstadt in Sachsen vorgestellt. Die präsentierte Methodik kann auch auf andere energetische Versorgungssysteme, wie Elektroenergie, Erdgas oder Wasserstoff sowie auf größere Städte übertragen werden.

**Keywords:** Kommunale Wärmeplanung, Bestandsanalyse, Zellularer Ansatz, Wärmebedarfsabschätzung, Wärmeatlas/Energieatlas

---

<sup>1</sup> Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz)

## 1 Untersuchungsgegenstand

Das Ziel besteht darin, Wärmeatlanten zu erstellen, die detaillierte Informationen zum mittleren Wärmebedarf für verschiedene Entwicklungsszenarien auf Gebäudeebene bieten. Dies wird am Beispiel der Stadt Wittichenau in Sachsen durchgeführt, siehe Abb. 1. Zur Erstellung dieser Wärmeatlanten werden georeferenzierte Daten der Stadt Wittichenau verwendet. Diese Daten stammen vom Staatsbetrieb „Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN)“ und sind zusammen mit den Gebäudedaten von „OpenStreetMap (OSM)“ frei zum Download verfügbar [1][2][3].

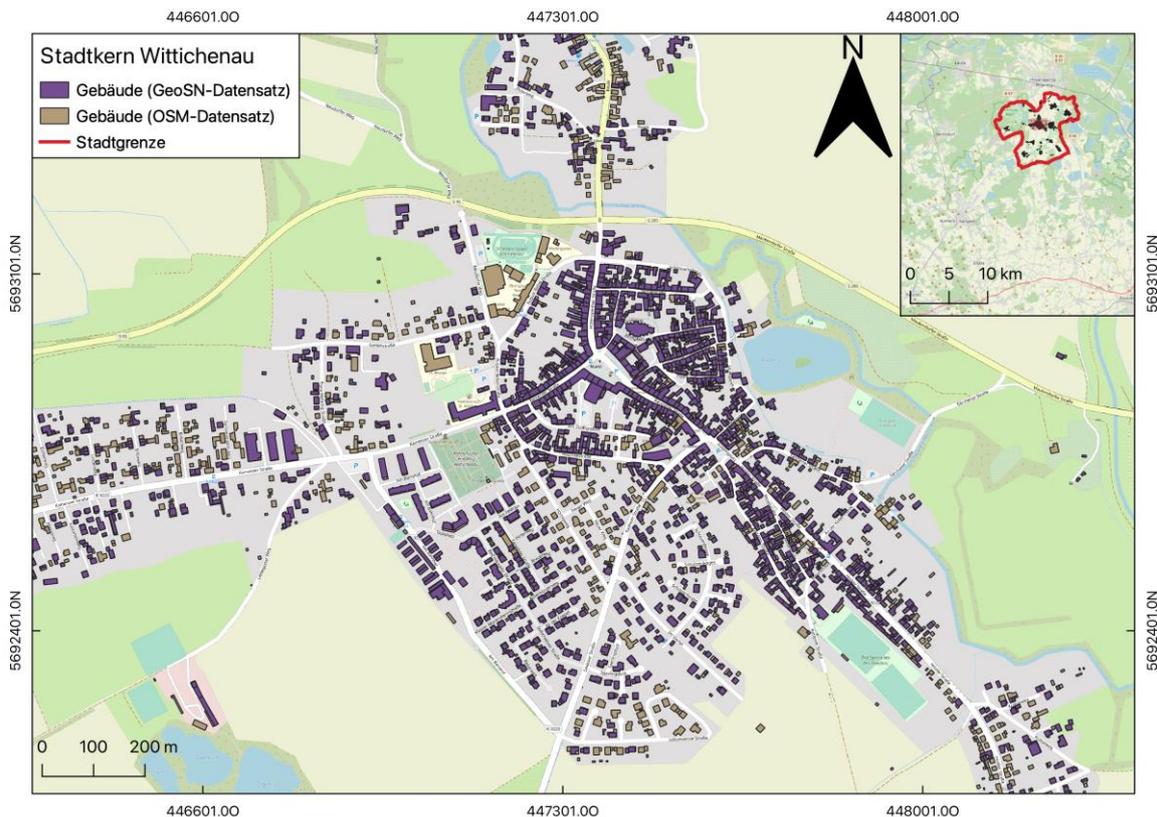


Abbildung 1: Ausschnitt der Hausumringe im Stadtkern der Stadt Wittichenau (mit Nebengelände) in einem Geoinformationssystem (GIS)

### 1.1 Methodik Gebäudeanalyse

Für die detaillierte Gebäudeanalyse ist die Kenntnis der äußeren Kubatur nicht ausreichend. Benötigt werden weitere Angaben wie z.B. die Anzahl der Wohneinheiten, die beheizte Fläche, die Baualtersklasse und das aktuelle Wärmeschutzniveau. Da diese Daten bei GeoSN nicht vollständig oder teilweise nicht verfügbar sind, wurde eine alternative Methodik zur Bestimmung des Wärmebedarfs pro Gebäude entwickelt. Nach der Auswahl des Untersuchungsgebiets wurden Informationen zu jedem Gebäudetyp, zur umgesetzten Wärmeschutzverordnung und zum Sanierungsgrad (in Abb. 2 grau markiert) erfasst. Die

ergänzten Daten basieren dabei auf äußerlich erkennbaren Merkmalen, die mittels digitaler Ortsbegehungen<sup>2</sup> identifiziert und zuvor klar definiert wurden.

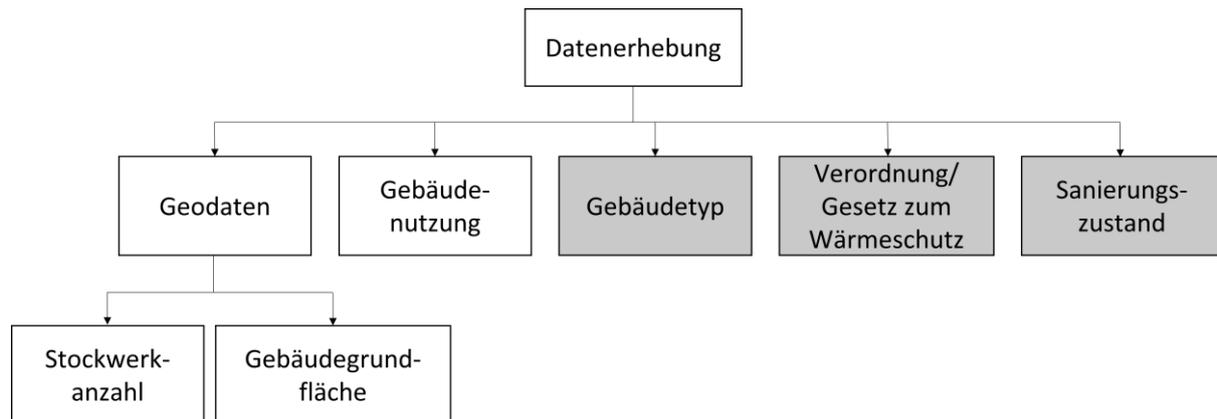


Abbildung 2: Übersicht der benötigten Parameter zur Wärmebedarfsannahme, grau markierte Parameter wurden durch digitale Ortsbegehungen identifiziert.

Um die Qualität der zu ermittelnden Parameter sicherzustellen, wurden die Ergebnisse der Ortsbegehungen sorgfältig mit dem zuvor erstellten Datensatz abgeglichen. Dies umfasst u.a. die Übereinstimmung der Hausumringe (Polygone) der Gebäude (GeoSN-Daten) mit den tatsächlichen, zusammenhängenden Gebäudeteilen (OSM-Daten).

Im Rahmen der Gebäudeanalyse werden die Häuser in verschiedene Gebäudetypen, wie beispielsweise Einfamilienhaus, kleines Mehrfamilienhaus etc. klassifiziert. Dazu wird definiert, welcher Gebäudetyp wie vielen Wohneinheiten entspricht, vgl. Tab. 1.

Gebäudetyp	Anzahl Wohneinheiten
<b>Einfamilienhaus</b>	1-2 Wohneinheiten
<b>Kleines Mehrfamilienhaus</b>	3-6 Wohneinheiten
<b>Mehrfamilienhaus</b>	Ab 7 Wohneinheiten
<b>Reihenfamilienhaus</b>	1-2 Wohneinheiten, mind. 3 identische Häuser in Reihe
<b>Sonderbauten</b>	Öffentliche und gewerbliche Gebäude wie z.B. Kirchen, Kindergärten, Schulen, Supermärkte etc.

Tabelle 1: Einordnung der Häuser nach Gebäudetypus

Die verwendeten Daten, welche auf frei zugänglichen Quellen beruhen, beinhalten bereits zahlreiche geografische und thematische Informationen zu Gebäuden, jedoch existiert keine vollständige Dokumentation der Anzahl der Wohneinheiten in einem Gebäude. Die Bestimmung der Anzahl der Wohneinheiten beruht auf der Größe und der Stockwerkanzahl der Gebäude. Zur zusätzlichen Unterstützung wurden Briefkästen und Klingelschilder

<sup>2</sup> Die letzte Kartierung in Apple Karten für den Landkreis Bautzen fand im Mai 2022 statt [2]. Die Datenerhebung für die Stadt Wittichenau ist nicht vollständig, da einige Straßen nicht erfasst wurden. Straßenzüge, die im Wärmeatlas, aber nicht in Apple Karten vorhanden sind, wurden im Rahmen dieser Arbeit während einer Vor-Ort-Begehung aufgezeichnet. Die Aufnahmen wurden später analysiert und die Parameter der Gebäude identifiziert.

herangezogen, sofern sie einsehbar waren. Öffentliche und gewerbliche Gebäude wurden als Sonderbauten klassifiziert.

Des Weiteren liegen für die Stadt Wittichenau keine öffentlich verfügbaren Daten mit räumlichem Bezug zu den Baualtersklassen der Gebäude vor. Daher wurde in dieser Analyse auf umgesetzte Verordnungen und Gesetze zum Wärmeschutz zurückgegriffen. Im Folgenden sind die berücksichtigten Verordnungen und Gesetze aufgeführt, die aufgrund ihrer Verschärfung des zulässigen Wärmeschutzes besonders relevant sind:

- Wärmeschutzverordnung (WSVO) 1977
- WSVO 1982
- WSVO 1995
- Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002
- EnEV 2009
- EnEV 2016
- Gebäudeenergiegesetz (GEG) 2020

Der Bezug auf die entsprechende Verordnung bzw. das Gesetz und den jeweiligen Sanierungszustand erfordert Annahmen, nach denen die Gebäude energetisch eingeschätzt werden können. Die angewandte Methodik beruht auf Merkmalen, welche rein äußerlich einsehbar sind, die typisch für die Region (wie z.B. Schmuckelemente an der Fassade, Knick im Dach) und eindeutig für die jeweilige Bestimmung sind. [4]

Weiterhin werden in der Gebäudeanalyse die vorliegenden Hausumringe aus Abb. 1 nach dem Sanierungsgrad des jeweiligen Hauses klassifiziert. Im Rahmen dieser Entwicklung wurde eine Methodik zur Ermittlung des Sanierungszustandes entwickelt und in drei verschiedene Sanierungsgrade unterteilt [4]. Diese drei Grade lauten: *unsaniert*, *teilsaniert* und *saniert*. Die vorgenommene Methodik beruht dabei, aufgrund mangelnder Datengrundlage, auf lediglich von außen einsehbaren Parametern. Die Parameter, die von außen einsehbar sind: Ist ein Wärmeverbundsystem vorhanden? Besitzt das Gebäude ein saniertes Dach? Wurden die Fenster modernisiert (Rahmen, Verglasung, Sonnenschutz)?

Anhaltspunkte für die Parameter zur Klassifizierung in den Sanierungszustand des jeweiligen Gebäudes wurden, wie schon bei der Gebäudetyp- und Wärmeschutzklassifizierung durch die „Look-Around“-Funktion in der digitalen Ortsbegehung und der zusätzlichen Auswertung von Luftbildern, welche ebenfalls in Apple Karten [2] zur Verfügung stehen, ersichtlich. Es ist zu beachten, dass die Parameter nicht gleichermaßen in die Klassifizierung eingehen, da beispielsweise die Verwendung eines Wärmeverbundsystems einen höheren Einfluss auf den Wärmebedarf eines Gebäudes erzielt, als der Wechsel zu neuen Fenstern.

Die nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft ein Gebäude zur Einschätzung in erste WSVO aus dem Jahr 1977 mit den in rot markierten charakteristischen Merkmalen zur Klassifizierung.



Abbildung 3: Gebäudebeispiel für ein Einfamilienhaus der ersten WSV0 im Jahr 1977 und dem Sanierungsgrad: Saniert [4]

Bei der Betrachtung des Beispiels in Abb. 3 ist zu erkennen, dass es sich um ein Einfamilienhaus handelt. Dieses Einfamilienhaus verfügt über kleine Einzelfenster und einer für die erste WSV0 typischen Haustür mit Holzoptik. Vergleicht man die Tür mit den Fenstern fällt auf, dass es sich hier um neue Fenster handeln muss, da diese sonst typischerweise dem Design der Haustür entsprechen würden. Es ist weiterhin zu erkennen, dass das Dach über einen „Knick“ am unteren Drittel der Schräge verfügt. Dieses bauliche Stilmittel spricht ebenfalls für die erste WSV0 aus dem Jahr 1977. Es fällt weiterhin ins Auge, dass sich die Außenwand vom Gebäudesockel (Kellergeschoss) absetzt. Die Fenster verfügen ebenfalls über eine leichte Absetzung zur Fassade. Diese Anzeichen sprechen für den Einsatz eines Wärmeverbundsystems. Die Klassifizierung des Gebäudes erfolgt damit als ein saniertes Einfamilienhaus der ersten WSV0 aus dem Jahr 1977. Zusammenfassend sind alle Kriterien für dieses Beispiel in der folgenden Tab. 2 aufgelistet.

Gebäudetyp	Wärmeschutzverordnung/ -gesetz	Sanierungsgrad
<ul style="list-style-type: none"> <li>• zwei Etagen</li> <li>• Grundfläche pro Etage beträgt: 104 m<sup>2</sup></li> <li>• ein Briefkasten, eine Klingel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kleine Einzelfenster</li> <li>• nur zwei Etagen</li> <li>• alte Tür</li> <li>• auf Satellitenbild von 1995-2000 bereits vorhanden</li> <li>• Knick im Dach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmeverbundsystem vorhanden, vgl. Sockel</li> <li>• neues Dach</li> <li>• neue Fenster</li> </ul>
<b>Einfamilienhaus</b>	<b>1. WSV0 1977</b>	<b>Saniert</b>

Tabelle 2: Charakteristische Merkmale für ein Einfamilienhaus der ersten WSV0 1977 und dem Sanierungsgrad: Saniert [4]

Folgende weitere Annahmen wurden zur Einschätzung der Wärmeschutzbestimmung getroffen:

## 2. WSVO im Jahr 1982:

- größere Fenster als bei der 1. WSVO
- im Erdgeschoss größere Fenster als im 1. Und 2. Obergeschoss
- offene und geschlossene, teils unregelmäßige und weitläufige Bebauung

## 3. WSVO im Jahr 1995

- modern geschnittene, teils über Stockwerke ragende, große Fenster
- futuristische Formen im Baustil
- offene und geschlossene, teils unregelmäßige und weitläufige Bebauung

Für die Einschätzung des zutreffenden Wärmeschutzniveaus der darauffolgenden Jahre, d.h. der 1. EnEV, der 4. EnEV, der 6. EnEV und des 1. GEG's, wurde der historische Geoviewer des GeoSN verwendet [2]. Dieser stellt die Satellitenbilder für Sachsen aus den Jahren 1995 bis 2020 zur Verfügung und gibt durch ein Tool zusätzlich die Möglichkeit, das ausgewählte Satellitenbild mit einem anderen (bspw. dem ältesten) übereinander zu legen. Durch diese Option ist es möglich, alle Gebäude, die nach 1995 erbaut worden sind, der entsprechenden Wärmeschutzbestimmung anhand des Baujahres zuzuordnen.

## 1.2 Zugrundeliegende Wärmebedarfsannahmen

Für die Annahme des mittleren Wärmebedarfs wird das „Typology Approach for Building Stock Energy Assessment“ (TABULA) Webtool [5] als Grundlage für die Betrachtungen verwendet. Die bereitgestellten Informationen durch das TABULA Webtool dienen als Referenz, um Annahmen zum Wärmebedarf für den Wärmetlas zu entwickeln. Bei den verwendeten Daten handelt es sich um die Werte für ganz Deutschland. Da die ausgewählten Wärmeschutzbestimmungen nicht gleich den Baualtersklassen des TABULA Webtool entsprechen, können die Werte der Baualtersklassen nicht den Wärmeschutzbestimmungen zugeordnet werden. Aus diesem Grund werden weiterhin zwei lineare Verläufe angenommen. Es wird auf den Sanierungszustand ab der EnEV im Jahr 2002 und bis zum GEG im Jahr 2020 verzichtet, da der Sanierungszustand bei Neubauten äußerlich nicht erkennbar ist und auf die Wärmebedarfsannahmen keinen wesentlichen Einfluss ausübt.

Es wird weiterhin angenommen, dass der lineare Verlauf des Sanierungsgrades „teilsaniert“ sich mehr am Sanierungsgrad „unsaniert“ orientiert. Dies wurde in der Berechnung des Anstiegs des linearen Verlaufs mit einem Faktor von zwei Dritteln berücksichtigt. Diese Annahme zielt darauf ab, die erheblichen Energieeinsparungen durch eine vollständige Sanierung zu verdeutlichen [4]. Die entsprechenden Werte sind in Tab. 3 dargestellt.

	Wärmeschutzbestimmung	Jahr	Trinkwasserzuschlag	Spez. Wärmebedarf in kWh/(m <sup>2</sup> *a)		
				Unsanziert	Teilsaniert	Saniert
<b>Einfamilienhaus</b>	1. WSV0	1977	10,00 kWh/(m <sup>2</sup> a)	210,00	110,00	70,00
	2. WSV0	1982		190,95	103,65	67,62
	3. WSV0	1995		141,43	87,14	61,43
	1. EnEV	2002		80,00		
	4. EnEV	2009		67,65		
	6. EnEV	2016		55,29		
	1. GEG	2020		50,00		
<b>Kleines Mehrfamilienhaus</b>	1. WSV0	1977	15,00 kWh/(m <sup>2</sup> a)	190,00	102,50	67,50
	2. WSV0	1982		173,63	96,85	65,71
	3. WSV0	1995		131,07	82,14	61,07
	1. EnEV	2002		75,00		
	4. EnEV	2009		64,71		
	6. EnEV	2016		54,41		
	1. GEG	2020		50,00		
<b>Mehrfamilienhaus</b>	1. WSV0	1977	15,00 kWh/(m <sup>2</sup> a)	165,00	90,00	60,00
	2. WSV0	1982		151,31	85,83	58,81
	3. WSV0	1995		115,71	75,00	55,71
	1. EnEV	2002		75,00		
	4. EnEV	2009		64,71		
	6. EnEV	2016		54,41		
	1. GEG	2020		50,00		
<b>Reihenfamilienhaus</b>	1. WSV0	1977	10,00 kWh/(m <sup>2</sup> a)	150,00	85,00	60,00
	2. WSV0	1982		137,95	81,23	58,66
	3. WSV0	1995		106,61	71,43	55,18
	1. EnEV	2002		75,00		
	4. EnEV	2009		64,19		
	6. EnEV	2016		53,38		

	1. GEG	2020		48,75	
--	--------	------	--	-------	--

Tabelle 3: Zugrundeliegende Annahmen zum spezifischen Wärmebedarf je Gebäudetyp

Alle Wärmebedarfswerte aus dem TABULA Webtool entsprechen der Auswahl „Energy need for heating“ in der *Standard Calculation (not adapted)*. Wobei für die Trinkwassererwärmung (TWE) in Anlehnung an das TABULA Webtool je nach Gebäudetyp einen Zuschlag von  $q_{\text{spez}} = 10 - 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  addiert wurde. Es ist zu betonen, dass im Rahmen dieser Arbeit zusätzliche klimatische Anpassungen der energetischen Kennwerte durch die Klimafaktoren des Deutschen Wetterdienstes für Sachsen nicht weiter berücksichtigt werden, da nur ein geringer Unterschied zur Repräsentanz Station in Potsdam vorliegt.

Für alle öffentlichen und gewerblichen Gebäude, die als Sonderbauten eingestuft wurden, hat das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung sogenannte Benchmarks für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden definiert [6]. Anhand dieser Zuordnung werden die vorliegenden Sonderbauten in Wittichenau klassifiziert. Die Tab. 4 zeigt Beispiele dieser Klassifizierungen und Benchmarks für die Stadt Wittichenau.

Gebäudebeispiel in Wittichenau	Einordnung	spez. Wärmebedarf in $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
<b>Supermarkt</b>	Handel Food bis 2000 m <sup>2</sup>	135 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
<b>Baumarkt</b>	Handel Non-Food bis 2000 m <sup>2</sup>	105 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
<b>Schule</b>	Allgemeinbildende Schule	140 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
<b>Kindergarten</b>	Kindertagesstätten	160 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
<b>Vereinshaus</b>	Sportheim (Vereinshaus)	115 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Tabelle 4: Beispiele für Benchmarks für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden [6]

Um abschließend eine Aussage über den Gesamtwärmebedarf der Stadt treffen zu können, müssen die ermittelten Wärmebedarfswerte pro Quadratmeter mit der beheizten Fläche der jeweiligen Häuser verknüpft werden. Die Berechnung der Nettogrundfläche erfolgt auf Basis der Grundfläche der Hausumringe und in Anlehnung an die DIN V 18599. Unter der Annahme, dass etwa 75 % der Nettogrundfläche der beheizten Fläche der Gebäude entsprechen, wird schlussendlich der Gesamtwärmebedarf der jeweiligen Gebäude berechnet.

Die einzelnen Parameter je Gebäudepolygon werden in einem GIS-Programm aggregiert und die darin enthaltenen Daten entsprechend aufbereitet. Die zusammengeführten Daten werden zur Reduzierung von Fehlerquellen zusätzlich inhaltlich validiert. Basierend auf den erhobenen Daten werden im Ergebnis zwei Wärmeatlanten (Darstellung spezifischer Wärmebedarf und gesamter Wärmebedarf pro Gebäude) für die Wärmebedarfsaussage der Stadt Wittichenau erstellt.

## 2 Ergebnisse

Im Ergebnis wurden insgesamt 1.176 Gebäude im Wärmeatlas für Wittichenau, d.h. für den Stadtkern Wittichenau und den Ortsteil Keula, aufgenommen, analysiert und klassifiziert. Für

das Betrachtungsgebiet Wittichenau wurde in dieser Betrachtung ein jährlicher Gesamtwärmebedarf von  $Q = 26.443 \text{ MWh/a}$  ermittelt. Im Durchschnitt liegt der spezifische Wärmebedarf bei  $q_{\text{spez}} = 100,88 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ . Die untersuchten Gebäude haben eine Nutzfläche von insgesamt  $A = 268.972 \text{ m}^2$ . In Abb. 4 ist die Verteilung der jeweiligen Gebäudetypen auf den zugeordneten Wärmebedarf dargestellt. Der größte Anteil der Gebäude ist hierbei einem spezifischen Wärmebedarf zwischen  $q_{\text{spez}} = 50 \dots 100 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$  zuzuordnen.

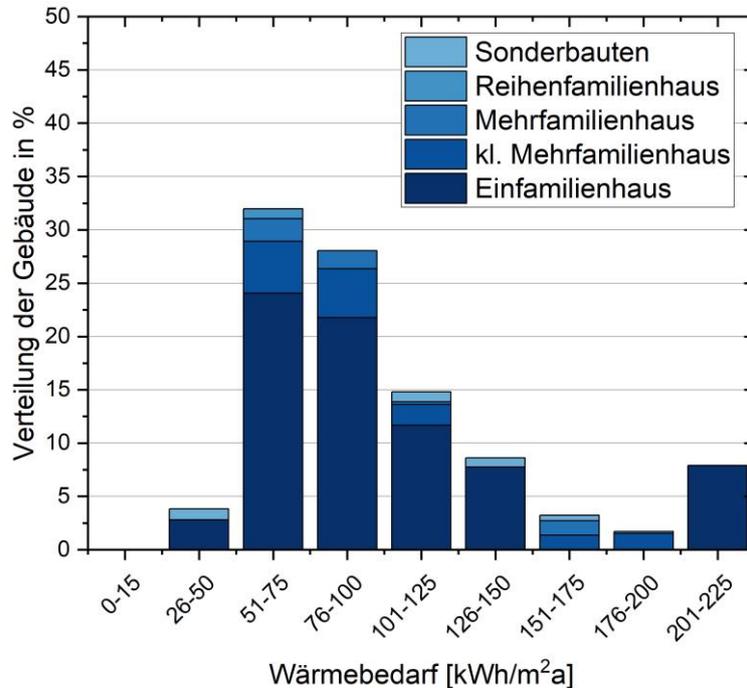


Abbildung 4: Verteilung spezifischer Wärmebedarfswert auf Gebäudetypen im Wärmeatlas (Ist-Stand: 2023)

In den nachfolgenden Abb. 5 und 6 ist der entwickelte Wärmeatlas (Darstellung spezifischer Wärmebedarf) für Wittichenau abgebildet. Die Gebäude lassen sich anhand ihrer Kennung, bestehend aus Gebäudetyp, umgesetzter Wärmeschutzverordnung und Sanierungszustand kategorisieren. Der Wärmeatlas fungiert somit als ein hilfreiches Instrument für die kommunale Wärmeplanung und die Identifizierung von Quartieren sowie Wärmenetzen.

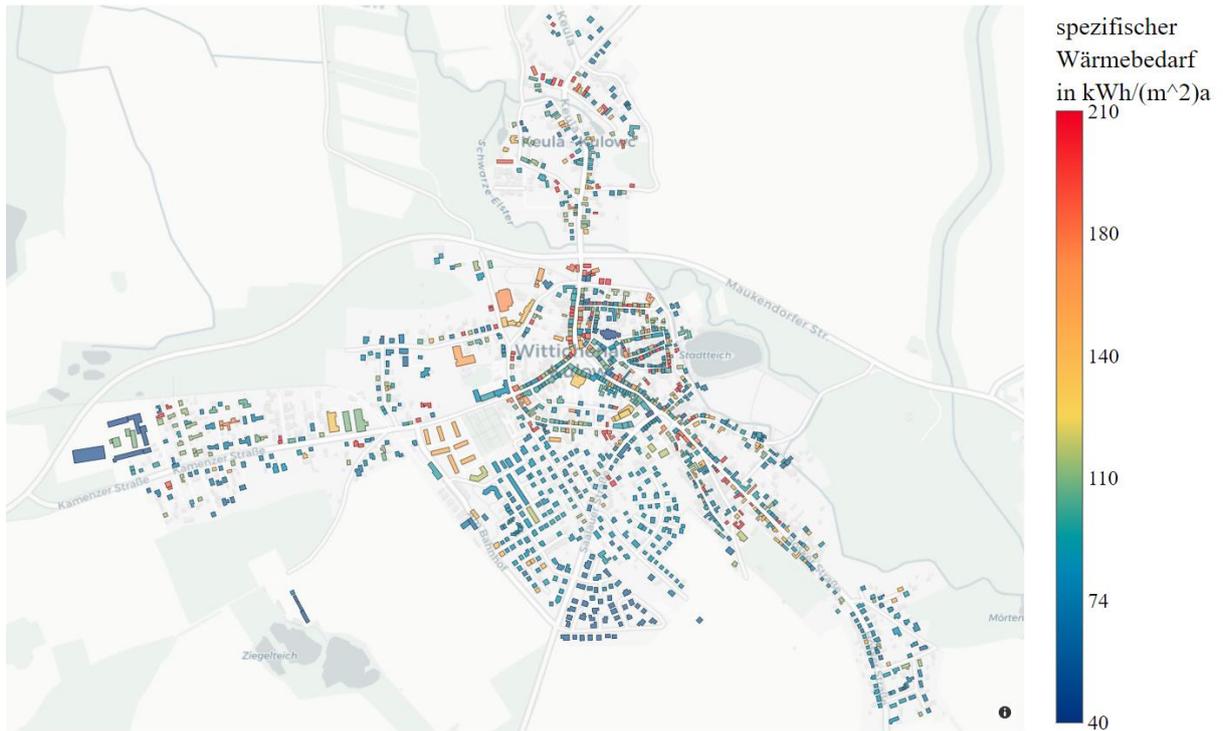


Abbildung 5: Wärmeatlas für die Stadt Wittichenau zur Visualisierung des spez. Wärmebedarfs pro Gebäude in kWh/(m<sup>2</sup>a)



Abbildung 6: Beispielhafte Detailansicht eines Gebäudes der Klassifizierung Sonderbau

### 3 Fazit

Das Ziel bei der Erstellung des Wärmeatlas war es, ein allgemeingültiges Verfahren für die automatisierte Abschätzung der thermischen Energiebedarfe zu entwickeln. Es wurde jedoch festgestellt, dass besonders im suburbanen Raum die Datengrundlage nur mangelhaft vorhanden ist, wodurch die Annahmen für die georeferenzierte Gebäudeanalyse zum Wärmebedarf pro Gebäude nicht trivial ermittelt werden können.

Aus diesem Grund wurde eine eigene Methodik zur Wärmebedarfsermittlung entwickelt. Die Prognosegüte der angenommenen Wärmebedarfswerte ist jedoch in erheblichen Maßen abhängig von der Qualität der Eingangsdaten sowie von den angenommenen Parametern zum Wärmebedarf. Um die Aussagefähigkeit der Wärmeatlanten zu verbessern, sollten daher weitere Daten zu beispielsweise Baualtersklassen und weiteren umgesetzten Sanierungsmaßnahmen an den Gebäuden, erhoben werden. Derartige personenbezogene Daten könnten durch eine Bürgerbefragung anonymisiert abgefragt und anschließend mit einer Zufallsverteilung auf das Betrachtungsgebiet skaliert und angewendet werden.

Weiterführende Analysen zum Energieatlas können der Webseite des zugrundeliegenden Forschungsprojektes [www.zellsys.de](http://www.zellsys.de) entnommen werden. Eine Veröffentlichung zu diesem Beitrag ist geplant.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das diesem Beitrag zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle unter dem Förderkennzeichen 46SKD186X gefördert.

### 4 Referenzen

- [1] Freistaat Sachsen, "Downloadbereich Hausumringe", Landesamt für Geobasisinformation Sachsen [GeoSN], <https://www.geodaten.sachsen.de/downloadbereich-hausumringe-4174.html> (Aufgerufen 12. November, 2022).
- [2] Freistaat Sachsen, "Downloadbereich Digitale 3D-Stadtmodelle", Landesamt für Geobasisinformation Sachsen [GeoSN], <https://www.geodaten.sachsen.de/downloadbereich-digitale-3d-stadtmodelle-4875.html> (Aufgerufen 12. November, 2022).
- [3] FOSSGIS e.V., OSM-Schlüssel "building", <https://www.openstreetmap.de/> (Aufgerufen 02. Dezember, 2022).
- [4] Grun, P.: Analyse eines zellularen Energiesystems im suburbanen Raum am Beispiel der Stadt Wittichenau (südlich von Hoyerswerda). 2023.
- [5] Institut Wohnen und Umwelt (IWU), "TABULA WebTool", <https://webtool.building-typology.eu/#bm> (Aufgerufen 05. Januar 2023).
- [6] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, „Benchmarks für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden“, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr->

online/2009/DL\_ON092009.pdf?\_\_blob=publicationFile&v=2  
03.November 2023)

(Aufgerufen

## 5 Symbolverzeichnis

<i>Symbol</i>	<i>Einheit</i>	<i>Bedeutung</i>
A	m <sup>2</sup>	Fläche
Q	Wh	Wärmebedarf
q <sub>spez</sub>	kWh/(m <sup>2</sup> a)	spezifischer Wärmebedarf