

WÄRMEBEDARFSABSCHÄTZUNG

Anhang zu D.T2.2. Planungsrichtlinien
für Wärmenetze

Version 1
08/2020





Inhalt

1. Einführung	2
1.1. Abschätzung des Wärmebedarfs unter Verwendung vorhandener, frei verfügbarer GIS-Tools	2
Pan-European Thermal Atlas 4 (PETA4).....	2
THERMOS.....	2
Hotmaps.....	3
1.2. Abschätzung des jährlichen Wärmebedarfs auf Grundlage der Gebäudekategorie	3
1.3. Abschätzung des jährlichen Wärmebedarfs anhand von Messungen der Gradtagszahl (G_t).....	4
Definition der Gradtagszahl (G_t)	4
Berechnung des Wärmebedarfs unter Verwendung der Gradtagszahl	5
Verwendung des Transmissionswärmeverlusts H_T	5
Extrapolation des Wärmebedarfs.....	5
1.4. Abschätzung des Wärmebedarfs für Warmwasser	6
Quellenangaben	7



1. Einführung

Dieses Dokument fasst einige relevante Datenquellen (Tools, Datenbanken) und einfache Methoden zur Abschätzung des jährlichen Wärmebedarfs von Gebäuden zusammen. Es gibt eine kurze Beschreibung von GIS-Werkzeugen und welche Daten damit leicht abgerufen werden können (siehe Kapitel 1.1), zeigt eine Datenbank mit Werten des jährlichen Wärmebedarfs, die hauptsächlich auf Gebäudetypologie und dem Baujahr basieren (siehe Kapitel 1.2), bietet einfache Berechnungsmethoden auf der Grundlage von Gradtagzahlen (siehe Kapitel 1.3) und eine Zusammenfassung vorgeschlagener Werte für den Wärmebedarf für den Warmwasserbedarf aus verschiedenen Datenquellen (siehe Kapitel 1.4).

1.1. Abschätzung des Wärmebedarfs unter Verwendung vorhandener, frei verfügbarer GIS-Tools

Pan-European Thermal Atlas 4 (PETA4)

Der Pan-European Thermal Atlas 4 ist eine Online-Karte, die im Rahmen der Heat Roadmap Europe 4 (HRE4) erstellt wurde und deren Hauptziel die Kartierung relevanter Informationen für den Wärme- und Kältemarkt ist [Pan-European Thermal Atlas 4.3, k.A.]. Sie beinhaltet Informationen über den Wärme- und Kältebedarf sowie das Potenzial an Überschuss- und erneuerbaren Wärmequellen für 14 europäische Länder, darunter Italien, Polen, Deutschland und Österreich. Eine umfassende Beschreibung der verwendeten Methodik, Annahmen, Daten und Instrumente findet sich in [Persson, Möller, & Wiechers, 2015].

Die Wärmebedarfsdichte ist in einer Auflösung von Rasterelementen von einem Hektar verfügbar. Spezifische Werte der einzelnen Zellen können nicht abgelesen werden, die Ergebnisse werden in den folgenden vier Intervallen dargestellt: < 50 TJ/km², 50 - 120 TJ/km², 120 - 300 TJ/km² und > 300 TJ/km². Es ist zu beachten, dass 1 TJ/km² ungefähr 0,278 kWh/m² entspricht. Eine Zusammenfassung der Hauptmerkmale, eine kurze Beschreibung der in PETA4 verfügbaren Informationen und ein Beispiel für die potenzielle Anwendbarkeit, d. h. Anwendungsfälle, findet sich in [Persson, Möller, Wiechers, & Rothballer, 2015].

THERMOS

THERMOS ist eine kostenlose Open-Source-Software, die darauf ausgerichtet ist, lokalen Behörden Daten auf Gebäudeebene für die optimale Auslegung neuer oder erweiterter Wärmenetze zur Verfügung zu stellen. Obwohl die Hauptanwendung die Vorplanung des Wärmenetzes und nicht die Abschätzung des Wärmebedarfs ist, enthält die Software Daten über den Wärmebedarf auf Gebäudeebene, die zur Identifizierung von Gebieten mit hoher Bedarfsdichte verwendet werden können. Die Wärmebedarfsdaten basieren auf den folgenden Informationen: dreidimensionale Gebäudeform/-größe, innere Gebäudetemperaturen und Außenlufttemperatur, thermischer Wirkungsgrad des Gebäudes und andere Benchmark-Modelle (z. B. Warmwasserbedarf). Ausführlichere Informationen finden Sie unter [Accelerating the development of low-carbon heating & cooling networks. Capacity Building and Train-the-trainer programme Module 2: Energy System Mapping and Modelling with THERMOS, n.d.].

Es ist wichtig zu erwähnen, dass der Hauptanwendungsbereich des Tools die Unterstützung bei der Planung eines optimalen Wärmenetzes ist. Zu diesem Zweck können die Wärmebedarfswerte auf Gebäudeebene mit detaillierteren Daten überschrieben werden, sofern diese verfügbar sind. Basierend auf den definierten ökologischen, ökonomischen und technischen Randbedingungen kann das Tool ein optimales Wärmenetz für das ausgewählte Gebiet berechnen.

Hotmaps

Das Hotmaps-Projekt begann im Oktober 2016 und hat eine Laufzeit von vier Jahren ["Hotmaps-Project", n.d.]. Das Hauptziel des Hotmaps-Projekts ist die Entwicklung einer Open-Source-Toolbox für die Kartierung und Planung von Heiz-/Kühlanlagen sowie die Bereitstellung von Standarddaten für die EU28 auf nationaler und lokaler Ebene. Die Hotmaps-Toolbox ist bereits verfügbar und enthält Daten in verschiedenen Auflösungen, wobei ein Hektar das feinste Rasterelement und national das größte ist ['Hotmaps-Toolbox', n.d.]. Eine nützliche Option des Werkzeugs ist die Möglichkeit, bestimmte Gebiete (z. B. Hektarzellen oder Regionen) auszuwählen und eine Zusammenfassung der Ergebnisse für die Auswahl zu erhalten (z. B. jährlicher Wärmebedarf, Wärmedichten).

1.2. Abschätzung des jährlichen Wärmebedarfs auf Grundlage der Gebäudekategorie

Der Wärmebedarf für einen Gebäudebestand kann auf Grundlage häufig frei verfügbarer Informationen (z. B. im Grundbuchamt), wie Baualter und Gebäudetypologie, geschätzt werden. In diesem Zusammenhang gibt es zwei relevante EU-Projekte, TABULA und sein Nachfolgeprojekt EPISCOPE, aus denen Werte für den spezifischen Wärmebedarf verschiedener Gebäudeklassen bezogen werden können ["IEE-Project EPISCOPE", k.A.; "IEE-Project TABULA", k.A.]. Im Rahmen dieser Projekte wurden Wohngebäudetypologien für 13 europäische Länder entwickelt. Jede nationale Typologie besteht aus einem Klassifikationsschema, das Gebäude nach ihrer Größe, ihrem Alter und weiteren Parametern gruppiert und einer Reihe exemplarischer Gebäude, die die Gebäudetypen repräsentieren. In Anlehnung an die in EN ISO 13790 beschriebene saisonale Methode wurde der Energiebedarf für Raumheizung und Warmwasserbereitung für jede dieser Gebäudetyp berechnet, siehe [Loga & Diefenach, 2013] für weitere Informationen über die angewandten Methoden. Aufgrund des Mangels an Informationen über die realen Nutzungsbedingungen und die genauen thermischen Eigenschaften bestehender Gebäude, ist mit Abweichungen zwischen den mit dem Modell erzielten Ergebnissen und dem gemessenen Verbrauch zu rechnen. Wegen dieser Unsicherheit werden die erzielten Ergebnisse durch eine zweite Art der Berechnung ergänzt. Diese besteht hauptsächlich in der Anwendung eines empirischen Anpassungsfaktors auf die erzielten Ergebnisse. Dennoch kann das TABULA-Projekt zusammen mit den Informationen des Grundbuchamtes dazu dienen, den Energieverbrauch eines bestimmten Gebietes zu charakterisieren. Die Werte für den spezifischen Wärmebedarf können direkt aus dem Webtool oder mit Hilfe der Excel-Arbeitsmappe "TABULA.xls" (auf Anfrage frei verfügbar) ermittelt werden. Ein beispielhafter Auszug von Ergebnissen aus dem Tool ist in Tabelle 1 dargestellt. Der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung ist in der Tabelle 1 nicht enthalten.

Tabelle 1: Ergebnisse zum spezifischen Wärmebedarf für Heizzwecke in kWh/(a*m²) aus [TABULA WebTool, k.A.] für verschiedene Gebäudeklassen und Baujahresperioden für Slowenien. Ergebnisse aus der angepassten Berechnung ("erwarteter gemessener Verbrauch") für nicht sanierte Gebäude. Die Daten wurden im Juli 2019 abgerufen.

Baujahr	Gebäudetyp			
	Einfamilienhaus (SFH)	Reihenhaus (TH)	Mehrfamilienhaus (MFH)	Wohnblock (AB)
... 1945	245,1	91,4	122,4	140,6
1945 ... 1970	117,9	100,8	105,5	141,8
1970 ... 1980	93,7	86,4	112,6	117
1981 ... 2001	92	75,1	100,6	101
2001 ... 2008	58,9	74,5	78,2	48,3
2009 ...	77	72,7	52,2	57,1

1.3. Abschätzung des jährlichen Wärmebedarfs anhand von Messungen der Gradtagszahl (G_t)

Messungen der Gradtagszahl können mit sehr einfachen Methoden zur Abschätzung des jährlichen Wärmebedarfs verwendet werden. Dieses Kapitel enthält eine kurze Beschreibung der Definition der Gradtagszahl und zwei einfache Methoden zur Abschätzung des jährlichen Wärmebedarfs.

Definition der Gradtagszahl (G_t)

Die Gradtagszahl geht davon aus, dass ein Heizbedarf entsteht, wenn die tagesmittlere Außenlufttemperatur unter eine bestimmte (noch zu definierende) Heizgrenze t_{hg} fällt.

Die Gradtagszahl wird in der Regel als die Summe der Differenz zwischen der täglichen mittleren Außenlufttemperatur t_a und einer angenommenen Raumtemperatur (Innentemperatur) t_i berechnet, siehe Gleichung 1 und Gleichung 2. Der Tagesmittelwert kann aus den stündlichen Temperaturen berechnet werden. Weitere Methoden zur Berechnung von Gradtagen finden sich in [Mourshed, 2012].

$G_t = \sum_{i=1}^{n=365} \Delta T^i$	Gleichung 1
$\Delta T^i = \begin{cases} t_i - t_a & \text{für } t_a \leq t_{hg} \\ 0 & \text{für } t_a > t_{hg} \end{cases}$	Gleichung 2

Die Gradtagszahl kann mit Hilfe lokaler Wetterdaten und der Festlegung der angenommenen Raumtemperatur und Heizgrenze berechnet werden. Für eine erste Annäherung können die Gradtagszahlen aus ['Eurostat-Datenbank', n.d.] verwendet werden. Monats- und Jahreswerte der Gradtagszahl wurden unter Verwendung von $t_i = 18^\circ\text{C}$ und $t_{hg} = 15^\circ\text{C}$ auf nationaler Ebene und für lokale Regionen gemäß der Definition in [COMMISSION REGULATION (EC) No 105/2007, 2007] berechnet. Eine Teilmenge der jährlichen und monatlichen Gradtagszahlen für mehrere Zielländer des ENTRAIN-Projekts sind in Tabelle 2 und Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 2: Jährliche Gradtagszahl und Durchschnittswerte mehrerer EU-Länder für verschiedene Jahre. Daten abgerufen aus [Eurostat-Datenbank, n.d.]. Gradtagszahl berechnet mit $t_i=18^\circ\text{C}$ und $t_{hg}=15^\circ\text{C}$.

Land		Jahr										Durchschnitt 2009 - 2018
Code	Name	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	
AT	Österreich	3.196	3.503	3.419	3.322	3.125	3.640	3.547	3.394	3.907	3.511	3.456
DE	Deutschland	2.776	2.964	3.005	2.909	2.661	3.288	3.130	2.872	3.630	3.081	3.032
IT	Italien	1.754	1.878	1.762	1.810	1.635	1.940	1.954	1.864	2.070	1.942	1.861
PL	Polen	3.125	3.290	3.286	3.113	3.095	3.504	3.550	3.315	3.920	3.449	3.365
SI	Slowenien	2.584	2.833	2.757	2.700	2.342	2.867	2.833	2.821	3.135	2.779	2.765

Tabelle 3: Monatliche Gradtagszahlen mehrerer EU-Länder für 2018. Daten abgerufen aus [Eurostat-Datenbank, k.A.]. Gradtagzahl berechnet mit $t_i=18\text{ °C}$ und $t_{hg}=15\text{ °C}$.

Land		Monat											
Code	Name	Dez	Nov	Okt	Sep	Aug	Jul	Jun	Mai	Apr	Mär	Feb	Jan
AT	Österreich	543	392	219	88	24	20	47	88	164	504	593	515
DE	Deutschland	433	371	200	73	11	3	22	63	150	470	543	435
IT	Italien	344	188	57	16	5	4	10	39	97	298	371	325
PL	Polen	513	400	225	71	6	10	29	53	144	548	594	531
SI	Slowenien	506	316	147	51	7	0	6	27	106	443	530	444

Berechnung des Wärmebedarfs unter Verwendung der Gradtagszahl

Wenn die Gradtagszahlen bekannt sind, kann der Heizwärmebedarf in MWh/a mit zwei verschiedenen Ansätzen berechnet werden: zum einen durch Verwendung des Transmissionswärmeverlusts H_T und durch Extrapolation des Wärmebedarfs. Bei beiden Ansätzen wird angenommen, dass der Wärmebedarf proportional zur Gradtagszahl ist.

Verwendung des Transmissionswärmeverlusts H_T

Wie in [Kalogirou, 2014] beschrieben, kann der Heizwärmebedarf in MWh/a mit Gleichung 3 ermittelt werden. Der Transmissionswärmeverlust H_T in W/K repräsentiert im Wesentlichen die Lufteintritts- und Wärmedurchgangsverluste durch die Gebäudehülle. Es ist zu beachten, dass die Methode interne Wärmegewinne und dynamische Eigenschaften des Gebäudes nicht berücksichtigt, d. h. die Wärmekapazitäten bleiben unberücksichtigt.

$\text{Wärmebedarf} = \frac{86.400}{2,7e^{10}} \cdot H_T \cdot G_t$	Gleichung 3
---	--------------------

Der H_T -Wert muss definiert werden. Er kann auf Grundlage der Konstruktionsdaten, nach Bestimmung der Hüllgeometrie und der Baumaterialien geschätzt oder aus der installierten Heizleistung Q_{inst} abgeleitet werden. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass die Heizungsanlage für bestimmte Innen- und Außenlufttemperaturen nach Gleichung 4 ausgelegt ist.

$H_T = \frac{Q_{inst}}{(T_{innen} - T_{außen})}$	Gleichung 4
--	--------------------

Extrapolation des Wärmebedarfs

Die Gradtagszahl kann genutzt werden, um den Wärmebedarf wie in Gleichung 5 zu normieren.

$\text{Wärmebedarf}_{normiert} = \frac{\text{Wärmebedarf}}{G_t}$	Gleichung 5
--	--------------------

Der nach Gleichung 5 normierte Wärmeverbrauch wird in der Regel verwendet, um den Wärmeverbrauch zwischen Gebäuden in verschiedenen Regionen oder Jahren angemessen zu vergleichen. Dennoch kann der normierte Wärmebedarf mit Hilfe der Gleichung 6 auch dazu verwendet werden, den Wärmebedarf des gewählten Gebäudes (oder der Gebäudegruppe) auf ein anderes Klima, d. h. einen anderen Standort, zu extrapolieren. Auf diese Weise kann der bekannte Wärmebedarf ähnlicher Gebäude in anderen Regionen

normiert und auf den neuen Standort extrapoliert werden. Diese Methode kann nützlich sein, wenn keine Informationen über den Wärmeverbrauch der Gebäude in der Region verfügbar sind.

$$Wärmebedarf_{\text{neuer Standort}} = G_{\text{neuer Standort}} \cdot Wärmebedarf_{\text{normiert}}$$

Gleichung 6

1.4. Abschätzung des Wärmebedarfs für Warmwasser

Auf der Basis von über 2 Mio. gemessenen Daten, Online-Fragebögen, Literaturrecherchen und Daten aus der spezialisierten Software co2online konnte im Projekt "Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden" [Offermann et al., 2017] der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung genau abgeschätzt werden. Basierend auf Daten der Firmen Techem und Brunata liegt der Nutzenergiebedarf für Warmwasser pro Nutzfläche bei Mehrfamilienhäusern zwischen 9 und 13 kWh/(a*m²). Basierend auf Daten der Firma ista liegt der durchschnittliche Wasserbedarf bei 11,1 kWh/(a*m²) und 10 kWh/(a*m²) speziell für Mehrfamilienhäuser. Auf der Grundlage von 331 Datensätzen für Einfamilienhäuser, die mittels einer Online-Umfrage erhoben wurden, wurde der Durchschnitt des Wärmebedarfs für Warmwasser auf 9,2 kWh/(a*m²) berechnet.

Ausgehend von den Mittelwerten der analysierten Daten schlägt [Offermann et al., 2017] vor, Gleichung 7 zur Abschätzung des Wärmebedarfs für Wassererwärmung pro Gesamtnutzfläche E_{DHW} in kWh/(a*m²) zu verwenden. Dabei ist \tilde{A} der Median der Gesamtnutzfläche der Wohneinheiten der Gebäude.

$$E_{DHW} = (15 - (\tilde{A} \cdot 0,04))$$

Gleichung 7

Eine Mindestgrenze für den Wärmebedarf für Wassererwärmung wird auf 7 kWh/(a*m²) festgelegt. Damit liegen die mit Gleichung 7 erhaltenen Werte zwischen 7 und 15 kWh/(a*m²). Ähnlich wie in [TABULA WebTool, n.d.]: 10 kWh/(a*m²) für Einfamilienhäuser und Reihenhäuser und 15 kWh/(a*m²) für Mehrfamilienhäuser und Wohnblöcke, aber niedriger als 20 kWh/(a*m²), der in [Good et al., 2008] vorgeschlagene Wert.

Quellenangaben

- Accelerating the development of low-carbon heating & cooling networks. Capacity Building and Train-the-trainer programme Module 2: Energy System Mapping and Modelling with THERMOS.* (n.d.).
- COMMISSION REGULATION (EC) No 105/2007. (2007). *Official Journal of the European Union*, 1-37. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0105&from=EN>
- Eurostat database. (n.d.). https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/product?code=nrg_chdd_a
- Good, J., Biedermann, F., Bühler, R., Bunk, H., Rudolf Gabathuler, H., Hammerschmid, A., ... Rakos, C. (2008). *QM-Planungshandbuch*. (C. A. R. M. E. . e. V. Straubing, Ed.) (2nd ed.).
- Hotmaps project. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <https://www.hotmaps-project.eu/>
- Hotmaps toolbox. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <https://www.hotmaps.hevs.ch/map>
- IEE Project EPISCOPE. (n.d.). Retrieved 24 July 2019, from <http://episcope.eu/iee-project/episcope/>
- IEE Project TABULA. (n.d.). Retrieved 24 July 2019, from <http://episcope.eu/iee-project/tabula/>
- Kalogirou, S. (2014). Solar Space Heating and Cooling. In *Solar Energy Engineering* (pp. 323-395). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397270-5.00006-6>
- Krimmling, J. (2011). *Energieeffiziente Nahwärmesysteme Grundwissen, Auslegung, Technik für Energieberater und Planer*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Loga, T., & Diefenach, N. (2013). *TABULA Calculation Method - Energy Use for Heating and Domestic Hot Water* -. Institut Wohnen und Umwelt GmbH.
- Mourshed, M. (2012). Relationship between annual mean temperature and degree-days. *Energy and Buildings*, 54, 418-425.
- Offermann, M., Manteufel vfel, von, B., Hermelink, A., John, A., Ahrens, C., Jahnke, K., & Zastrau, K. (2017). *Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden*. Bonn. Retrieved from https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2017/bbsr-online-17-2017-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- Pan-European Thermal Atlas 4.3. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <https://heatroadmap.eu/peta4/>
- Persson, U., Möller, B., & Wiechers, E. (2015). *Methodologies and assumptions used in the mapping (D2.3)*.
- Persson, U., Möller, B., Wiechers, E., & Rothballer, C. (2015). *Maps Manual for Lead-Users (D2.4)*.
- TABULA WebTool. (n.d.). Retrieved 1 August 2019, from <http://webtool.building-typology.eu/#sd>
- Winter, W., Haslauer, T., & Obernberger, I. (2001). Untersuchungen der Gleichzeitigkeit in kleinen und mittleren Nahwärmenetzen. *Euroheat & Power*, 1-17.