

README: Berechnung Endenergiebedarf

Überblick

Der vorliegende Code des Package "Endenergiebedarfsrechner" errechnet auf Basis von Gebäudeeigenschaften (bspw. Bausubstanz der Wände, Verglasung der Fenster) sowie der verbauten Anlagentechnik den Endenergiebedarf und die daraus resultierenden Heizkosten von Wohngebäuden mithilfe der Statistiksoftware R. Der berechnete Endenergiebedarf gibt an, wie viel Energie nötig ist, um das Gebäude zu heizen und mit Warmwasser zu versorgen.. Er ist damit eine wichtige Kenngröße für die Energieeffizienz eines Wohngebäudes. Die Berechnung orientiert sich am „Kurzverfahren Energieprofil“ (Loga et al. 2005). Dabei basieren alle wichtigen Parameter auf der Energieeinsparverordnung (EnEV) aus dem Jahr 2002 (*EnEV 2002/ dena Arbeitshilfe Energiepass*). Das Kurzverfahren setzt sich aus den drei Teilen des Flächenschätzverfahrens, der Berechnung pauschaler Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) und der Berechnung der Pauschalwerte der Anlagentechnik zusammen.

Primäre Kenngrößen, die so berechnet werden können, sind der Endenergiebedarf in kWh/m²a, die absoluten Energiekosten in €/a sowie der energetische Gebäudestandard in W/(m²K). Weitere Informationen zur Methodik finden Sie bei Gerster, Kaestner und Knoche (2025).

Die der Berechnung zugrunde gelegten Gebäudedaten entstammen dem im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Kopernikus-Projekts Ariadne etablierten Wärme- und Wohnen-Panel (siehe Frondel et al. 2022). Die Durchführung der Berechnung

Angaben zur Datenverfügbarkeit und Herkunft

Die Daten dieser Analyse entstammen der ersten Welle des Wärme- und Wohnen-Panel, welches seit 2021 im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Kopernikus-Projekts Ariadne jährlich erhoben wird. Dazu werden jährlich ca. 15.000 deutschsprachige Haushalte detailliert zu den Gebäudeeigenschaften ihres Wohngebäudes, dem bestehenden Heizsystem, ihren Heizkosten, durchgeführten und geplanten energetischen Modernisierungsmaßnahmen sowie sozioökonomischen Charakteristika befragt. Die Befragung wurde vom RWI gemeinsam mit dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) und dem Institut der deutschen Wirtschaft (IW) erstellt und durch das Meinungsforschungsinstitut forsia erhoben. Die Daten sind unter einer Creative Commons Non-commercial Lizenz verfügbar. Der Datenzugang wird nur für wissenschaftliche, nicht-kommerzielle Studien und für angeschlossene Forscher und Forscherinnen wissenschaftlicher Einrichtungen gewährt. Er erfordert eine unterzeichnete Datennutzungsvereinbarung, die auf der Website des FDZ Ruhr beantragt werden kann. Die Daten der ersten Welle aus dem Jahr 2021 liegen in Form von zwei Datensätzen am Forschungsdatenzentrum (FDZ) Ruhr am RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung vor und sind

für wissenschaftliche Zwecke als Scientific Use File (SUF) kostenfrei erhältlich (<https://www.rwi-essen.de/forschung-beratung/weitere/forschungsdatenzentrum-ruhr/datenangebot/waerme-und-wohnen-panel>).

Erklärung zu den Rechten

- Ich bestätige, dass der/die Autor(en) und Autorin(nen) des Manuskripts rechtmäßigen Zugang zu den in diesem Manuskript verwendeten Daten hat/haben und die Erlaubnis, diese zu verwenden..

Daten Lizenz

Die Daten unterliegen einer Creative Commons Non-commercial Lizenz.

Zusammenfassung der Verfügbarkeit

- Alle Daten sind öffentlich zugänglich.

Details zu jeder Datenquelle

- Basisdaten für die Berechnung liegen im Stata format .dta vor
- Zwischen- und Endergebnisse werden im R Format .RData ausgegeben.

Datei	Datei Name	Ablageort	Bereitgestellt	Quelle
“GHHP – Building Characteristics”	ariadne_panel1_buildingchars_eng.dta	01 Raw/	JA	Frondel et al. (2023a)
“GHHP – Experiment Data”	ariadne_panel1_experiments_eng.dta	01 Raw/	JA	Frondel et al. (2023b)
“IWU - Energieprofil”	Energieprofil.xls	Referenzen/ IWU/	JA	Loga et al. (2005)

GHHP - Building Characteristics

Der Datensatz "Building Characteristics" enthält alle von den Haushalten in der Befragung des Wärme- und Wohnen-Panels gemachten Angaben zu ihren Gebäudeeigenschaften, die für die Berechnung des Endenergiebedarfs benötigt werden. So enthält er bspw. Angaben zum Baujahr des Gebäudes, der Verglasung der Fenster, der Bausubstanz der Außenwände und der Decken und der Heiztechnik. Der Datensatz ist am Forschungsdatenzentrum (FDZ) Ruhr am RWI hinterlegt (10.7807/ghhp:building:v1, 10.7807/ghhp:experiment:v1) und kann dort als SUF beantragt werden (siehe <https://www.rwi-essen.de/forschung-beratung/waerme-und-wohnen-panel>).

eitere/forschungsdatenzentrum-ruhr/datenangebot/waerme- und-wohnen-panel).

GHHP – Experiment Data

Der Datensatz "Experiment" enthält alle weiteren Befragungsbestandteile des Wärme- und Wohnen-Panels. So sind in diesem Datensatz die sozio-ökonomischen Angaben der Haushalte, sowie Informationen zu ihren Heizkosten und der Akzeptanz verschiedener klimapolitischer Maßnahmen enthalten. Die für die Berechnung des Endenergiebedarfs relevanten Variablen umfassen Angaben zur vergangenen energetischen Sanierungstätigkeit. Die Datensatz ist ebenfalls am Forschungsdatenzentrum (FDZ) Ruhr am RWI hinterlegt (10.7807/ghhp:building:v1, 10.7807/ghhp:experiment:v1) und kann dort als SUF beantragt werden (siehe <https://www.rwi-essen.de/forschung-beratung/weitere/forschungsdatenzentrum-ruhr/datenangebot/waerme-und-wohnen-panel>).

IWU - Energieprofil

Als Grundlage zur Berechnung des Endenergiebedarfs für alle Berechnungsschritte in diesem Code dient das "Kurzverfahren Energieprofil" des Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Nicht nur die Formulierung der Gleichungen, sondern auch zahlreiche Parameterannahmen, bspw. zu Wärmedurchgangskoeffizienten, werden daher aus dem IWU-Energieprofil, welches als Excel-Datei vorliegt, übernommen. Die Excel-Datei ist online unter <https://www.iwu.de/forschung/energie/kurzverfahren-energieprofil/> zu finden. Die Dokumentation für die Excel-Datei ist in Loga et al. (2005) zu finden.

Computertechnische Anforderungen

Installation & Setup

Um den Code auszuführen, müssen Sie die folgende Software auf Ihrem Computer installieren

a) R herunterladen und installieren

- R steht zum Download auf der offiziellen R-Website (<https://cran.r-project.org/>) zur Verfügung
- Welche Version von R Sie herunterladen müssen, hängt von Ihrem Betriebssystem ab

b) Downloaden und installieren Sie *RStudio* (die grafische Benutzeroberfläche für R)

- Nachdem Sie R installiert haben, müssen Sie als nächstes *RStudio* installieren. Gehen Sie dazu zu dieser Seite: <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>.
- Wählen Sie das Installationsprogramm für das Betriebssystem Ihres Computers

Zusätzliche Ressourcen

Hier finden Sie einige nützliche Online-Ressourcen, die Ihr Verständnis von R ergänzen:

- RStudio Education: Strukturierte Lernpfade für Anfänger und Fortgeschrittene. Link: <https://education.rstudio.com/learn/#paths>
- Modern Dive: Ein umfassendes Handbuch zur R-Programmierung und Datenanalyse. Link: <https://moderndive.netlify.app/1-getting-started.html>

Software Anforderungen

- R 4.3.3
 - `data.table` (1.14.10)
 - `dplyr` (1.1.4)
 - `foreign` (0.8-86)
 - `gdata` (3.0.0)
 - `haven` (2.5.4)
 - `labelled` (2.12.0)
 - `openxlsx` (4.2.5.2)
 - `readxl` (1.4.3)
 - `sjlabelled` (1.2.0)
 - `sjmisc` (2.8.9)
 - `stringr` (1.5.1)
 - `tidyverse` (2.0.0)
 - `xlsx` (0.6.5)
 - die Datei “00_Master_Datei.R” installiert alle erforderlichen Pakete in der erforderlichen Version und ist einmalig zu Beginn auszuführen.

Speicher- und Laufzeitanforderungen

Zusammenfassung Voraussichtliche Reproduktionszeit für die Analysen auf einem Standard 2024 Desktop-Rechner:

<10 minutes

Details Die R-Skripte wurden zuletzt auf einem 6-Core-PC mit Intel i5-8500 CPU und Windows 11 Pro Version 23H2 ausgeführt. Die Berechnung dauerte 1:20 Minuten.

Beschreibung der R-Skripte

- Die sechs R-Skripte in **Endenergiebedarfe R Code/03 R Code** dienen zur Durchführung des gesamten Codes. Nur in diesem Ordner finden sich daher auch alle sechs R-Skripte.
- Das R-Skript **00 Master Datei.R** ist die Hauptdatei, über die alle nachfolgenden Skripte aufgerufen werden. In diesem Skript werden alle für die Berechnung des Endenergiebedarfs erforderlichen Pakete installiert und geladen. Auch wird in diesem Skript das Arbeitsverzeichnis zum aktuellen Speicherort der Master-Datei verschoben und der globale Pfad zum Hauptverzeichnis mit der Variable „user“ definiert. Sie müssen daher nur dieses Skript zur Durchführung der Berechnungen ausführen. Damit dies problemlos funktioniert, darf die Ordnerstruktur des Endenergiebedarfe R Code und der Unterordner nicht verändert werden, denn nur dann können alle Daten und Skripte auf jedem Computer genutzt werden. Diese werden direkt in diesem R-Skript aufgerufen und durchgeführt.
 - Mit dem Befehl `run_missing_imputation` kann eingestellt werden, ob fehlende Werte durch Standardwerte ersetzt werden (TRUE) oder nicht (FALSE). Wenn die Einstellung auf FALSE gestellt wird, werden die Teile des Codes mit fehlenden Werten übersprungen.
 - Mit dem Befehl `run_retrofit_imputation` kann eingestellt werden, ob die U-Werte, die in Skript **04_Bilanz_Gebaeude.R** bestimmt werden, die Standardwerte der IWU-Berechnung annehmen oder angepasst werden basierend auf Renovierungen.
 - Des Weiteren befindet sich am Ende des Skripts eine Übersicht über alle Quellen, die für die Endenergiebedarfsberechnung notwendig sind und im Laufe des Codes zitiert werden.
 - Im Master-Skript können auch neue, aktualisierte Werte für die U-Werte ausgewählt werden. Diese aktualisierten Werte stammen von Loga et al. (2021). Die Standardversion ist diejenige, die mit der IWU-Endenergiebedarfsberechnung übereinstimmt. Wenn Sie jedoch aktualisierte Werte verwenden möchten, können Sie die globalen Variablen „`u_werte_all`“ und „`u_werte_f`“ ändern, indem Sie „`_update`“ am Ende des Namens der Excel-Tabelle hinzufügen. Sie können zum Beispiel „`u_werte_all`“ von „U Werte Baukonstruktion.xlsx“ in „U Werte Baukonstruktion_update.xlsx“ ändern, wodurch eine andere Excel-Tabelle aus der Datei „02_Parameters“ aufgerufen wird, die aktualisierte U-Werte enthält. Dasselbe kann für die U-Werte der Fenster gemacht werden.
 - Individuelle Anpassung in **00 Master Datei.R** R-skripte:
 1. `run_missing_imputation`
 2. `run_retrofit_imputation`
 3. `u_werte_all`
 4. `u_werte_f`
- Das R-Skript **01 WuW Daten.R** lädt die Daten des Wärme- & Wohnen-

Panel und verarbeitet diese für die nachfolgenden Berechnungsschritte. Hierfür werden beide Datensätze der Gebäudecharakteristika („ariadne_panel1_buildingchars_eng.dta“) und des Experimentalteils („ariadne_panel1_experiments_eng.dta“) zusammengeführt. Anschließend werden unter anderem die Variablen zu durchgeführten Sanierungsmaßnahmen der Haushalte genutzt und definiert, um in einem späteren Schritt die thermische Qualität des Gebäudes abschätzen zu können. Darüber hinaus werden in diesem Schritt Daten entfernt, die keine Informationen über die Wohnfläche und/ oder die Heizungsanlage haben, da sie nicht in der Analyse berücksichtigt werden können. Um zu vermeiden, dass zu viele Daten verloren gehen, nehmen einzelne fehlende Werte unter relativ strengen Annahmen sogenannte Standardwerte an.

- Das R-Skript 02 **Parameter_einzeln.R** lädt sämtliche Datentabellen aus dem Ordner – 02 Parameter – und verarbeitet diese für die nachfolgenden Bilanzierungsschritte. Die Parameter basieren auf denen, die das IWU ermittelt hat und werden den entsprechenden Datentabellen (Excel-Dateien) entnommen und in das R-Skript geladen (IWU, 2005). Zu den Parametern gehören neben den U-Werten für die Gebäudehülle, deren Zuordnung vom Baujahr des jeweiligen Gebäudes abhängt, auch sämtliche Wärmekennwerte der verbauten Anlagentechnik für Heizwärme und Warmwasser, die G-Werte der Fenster, Kosten für verschiedene Energieträger, sowie Klimakoeffizienten in Abhängigkeit des energetischen Gebäudestandards. "Der G-Wert steht für den Gesamtenergiedurchlassgrad und gibt bei Fenstern den Energiedurchlass von außen nach innen an. Ein hoher G-Wert bedeutet im Winter höhere Wärmegewinne, kann im Sommer aber eher zur Überhitzung eines Raumes führen" (Glossar angewandte Energieforschung, 2022b).
- Das R-Skript 03 **Anlagentechnik.R** definiert alle relevanten Variablen zur Berechnung der Endenergiwerte der Heizungsanlage. Sowohl die Anlagentechnik der Raumheizung (im Speziellen die Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung der Heizwärme sowie die Energieträger) als auch des Warmwassers (im Speziellen die Verteilung, Speicherung und Erzeugung des Warmwassers sowie die Energieträger) werden definiert. Dabei wird das Einbaujahr der Heizung, das Baujahr des Gebäudes oder das Jahr der Modernisierung berücksichtigt und darüber ein Effizienzstand der einzelnen Komponenten. Entsprechend dieser Charakteristika werden die Variablen definiert.
- Das R-Skript 04 **Bilanz Gebäude.R** berechnet den Transmissionswärmeverlust und den Lüftungswärmeverlust für jedes Gebäude, um den Heizbedarf dieser Gebäude zu ermitteln. Dazu werden die in den R-Skripten 01 **WuW Daten.R** und 02 **Parameter_einzeln.R** generierten Daten verwendet. Basierend auf der IWU Methode werden die Flächenkoeffizienten und Dämmungsgrade der einzelnen Gebäudebestandteile bestimmt. Darüber hinaus werden weitere Parameter zur Gebäudeberechnung, U-Werte und Parameter für den Transmissionswärmeverlust bestimmt. Im Speziellen werden die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) für das

Dach, Obergeschoss, Außenwände, Fußboden und Fenster bestimmt. Die U-Werte werden auch als Wärmedurchgangskoeffizienten bezeichnet. Je niedriger der U-Wert, desto weniger Wärmeenergie geht über die Fläche des Bauteils verloren und desto besser ist daher die thermische Qualität (Glossar angewandte Energieforschung, 2022a). Die jeweiligen U-Werte werden anhand der Charakteristiken vorangegangener Renovierungen aktualisiert.

- Das R-Skript `05 Bilanz Anlagentechnik.R` bilanziert abhängig von den Gebäudecharakteristika (z.B. Anzahl der Wohneinheiten, Heizungstyp und Effizienzstandard) den Wärmeverlust bei der Verteilung und Speicherung von Warmwasser und bestimmt den Deckungsanteil, die Heizwärmegutschriften, die Erzeugeraufwandszahlen und die Hilfsenergie je nach Energieerzeugung für Warmwasser. Dieses Vorgehen wird für die Raumheizungen wiederholt. Anschließend wird der Endenergiebedarf mit den zuvor ermittelten Parameter für Warmwasser und die Raumheizung berechnet. Darüber hinaus werden noch die Gesamtkosten für Warmwasser und die Raumheizung bestimmt, wieder basierend auf den zuvor berechneten Parametern. Die Endergebnisse werden in den Dateiformaten `.RData`, `.dta`, `.csv` und `.xlsx` im Ordner `05 Endergebnisse` abgespeichert

Anleitung für Replikatoren

- Führen Sie `03 R Code/00 Master Datei.R` einmal auf einem neuen System aus, um die Arbeitsumgebung einzurichten. Dabei werden auch die gesamten Projektdateien eingelesen.
- Der Standardpfad ist auf den Ort des Projektordners Endenergiebedarfe R Code eingestellt.
- Laden Sie die oben referenzierten Datendateien herunter. Sie sollten in den vorbereiteten Unterverzeichnissen von `01 Raw` gespeichert werden, und zwar in dem Format, in dem Sie sie herunterladen. In jedem Verzeichnis werden Skripte zum Herunterladen der öffentlich zugänglichen Dateien bereitgestellt. Für den Replikator sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.
- Führen Sie `03 R Code/00 Master Datei.R` aus, um alle Schritte nacheinander auszuführen

Kurzdarstellung der Variablen

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Gebäudevariablen, die aus der Befragung des Wärme- und Wohnen-Panels stammen und zur Berechnung der Endenergiebedarfe genutzt werden. Diese Variablen sind in den Dateien „GHHP – Building Characteristics“ und "GHHP – Experiment Data" enthalten.

Table 2: Variablen der Befragung

Variablenbezeichnung	Beschreibung
----------------------	--------------

Ist1	Nachbargebäude
Ist2	Grundriss des Gebäudes
Ist3	Anzahl Wohneinheiten
Ist4	Anzahl Geschosse
Ist5	Beheizte Wohnfläche Haushalt
Ist5a	Beheizte Wohnfläche Haus
Ist6	Baujahr Haus
Ist7_1a	Beheizungsgrad Dachgeschoß
Ist7_1b	Dachgauben
Ist8	Beheizungsgrad Keller
Ist9_1	Konstruktionsart Dach
Ist9_2	Konstruktionsart Oberste Geschossdecke
Ist9_3	Konstruktionsart Außenwände
Ist9_4	Konstruktionsart Kellerdecke / Fußboden zum Erdreich
Ist10	Einbaujahr Fenster
Ist11	Fensterart
Ist12	Primärheizungsanlage
Ist12_1a	Brennstoff Heizungsanlage
Ist12_2a	Erzeugungsart Wärme d. Wärmepumpe
Ist12_2b	Wärmebezug Wärmepumpe
Ist12_3a	Wärmebezug Fernwärme
Ist12_5a	Raumheizung
Ist13	Jahr Inbetriebnahme Heizungsanlage
Ist13a	Dämmung Verteilungsleitungen Heizungsanlage
Ist13a_1	Jahr Dämmung Verteilungsleitungen Heizung
Ist14	Warmwasserbezug
Ist14a	Jahr Inbetriebnahme Gerät Warmwasserbezug
Ist14b	Warmwasserzirkulation
Ist14c	Dämmung Wasserleitungen
Ist14c1a	Jahr Dämmung Wasserleitungen
Ist15_1	Dämmungsgrad Dach
Ist15_2	Dämmungsgrad oberste Geschossdecke
Ist15_3	Dämmungsgrad Außenwände
Ist15_4	Dämmungsgrad Kellerdecke / Fußboden zu Erdreich
Ist16a_2	Nutzung Solarthermieanlage
san1a_1a	Komplette KfW Förderung
san1a_13_2	Dach KfW Förderung
san1a_23_2	Obere Geschossdecke KfW Förderung
san1a_33_2	Außenwände KfW Förderung
san1a_43_2	Keller & Fußboden unterstes Geschoss KfW Förderung

Im Code getroffene Annahmen

Wir müssen in unserem Code ein paar Annahmen treffen. Wir gehen davon aus, dass die oberste Etage, die Außenwände, der Fußboden und das Dach alle eine nachträgliche Dämmstärke von 20 cm aufweisen. Außerdem gehen wir davon aus, dass in dem Jahr, in dem das Haus nachgerüstet wurde, die damals verfügbaren Materialien verwendet wurden und die Eigenschaften des Gebäudes gleich geblieben sind. Wenn zum Beispiel das Dach aus Holz bestand, wurde wieder Holz verwendet, und zwar jenes, das in diesem Jahr auf dem Markt erhältlich war. Die U-Werte in R-Skript 4 werden unter diesen Annahmen aktualisiert. Zudem erfassen einige Variablen in unserem Datensatz nur eine Gruppe von Jahren und nicht jedes einzelne Jahr. Dies zwingt uns dazu, einige Jahre einzubeziehen, die wir sonst ausschließen würden. Bei der Frage nach dem Jahr der Isolierung von Warmwasserleitungen (ist14c_1a) gibt es beispielsweise nur drei Möglichkeiten (bis 1977, von 1977 bis 2001 und nach 2002). Diese Variable wird im Code verwendet, um zu beurteilen, ob die Rohre aus den 1990er Jahren stammen, insbesondere zur Berechnung der Warmwasserverteilung (Variable Wd). In diesem speziellen Fall würden wir auch die Jahre Ende der 70er und 80er Jahre erfassen. Wir tun dies, um keine Beobachtungen zu verlieren.

Table 3: Annahmen bei der Imputation fehlender Werte

Variable	Originaler Wert (Nummer)	Umstellen zu (Nummer)	R-Script
ist1	Weiß nicht (-1)	Auf einer Seite direkt angrenzendes Nachbargebäude (2)	1
ist2	Weiß nicht (-1)	Kompakt (1)	1
ist3	Weiß nicht (-1)	2 (2)	1
ist4	Weiß nicht (-1)	3 (3)	1
ist6	Weiß nicht (-1)	1979-1983 (6)	1
ist7_1a	Weiß nicht (-1)	Dachboden teilweise beheizt (2)	1
ist7_1b	Weiß nicht (-1)	Dachgauben oder andere Dachaufbauten nicht vorhanden (2)	1
ist8	Weiß nicht (-1)	Unbeheizter Keller (3)	1
ist9_1	Weiß nicht (-1)	Massiv (1)	1
ist9_1	Nicht gefragt (-2)	Massiv (1)	1
ist9_2	Weiß nicht (-1)	Massiv (1)	1
ist9_2	Nicht gefragt (-2)	Massiv (1)	1
ist9_3	Weiß nicht (-1)	Massiv (1)	1
ist9_3	Nicht gefragt (-2)	Massiv (1)	1
ist9_4	Weiß nicht (-1)	Massiv (1)	1
ist9_4	Nicht gefragt (-2)	Massiv (1)	1
ist10	Weiß nicht (-1)	1979-1983 (6)	1
ist11	Weiß nicht (-1)	Holzfenster mit 2-fach Verglasung (2)	1

ist12	Weiß nicht (-1)	Kessel / Therme (zentral) (1)	1
ist12_1a	Weiß nicht (-1)	Heizöl (3)	1
ist12_2a	Weiß nicht (-1)	Wärmepumpe mit Kessel (3)	1
ist12_2b	Weiß nicht (-1)	Erdreich / Grundwasser (2)	1
ist12_3a	Weiß nicht (-1)	Heizkraftwerk / Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) primär zu Wärmeerzeugung (Wärmeanteil über 50%) (3)	1
ist12_5a	Weiß nicht (-1)	Einzelöfen mit Holz (3)	1
ist13a_1*	Nicht gefragt (-2)	Zwischen 1977 und 2001 (2)	1
ist14a	Weiß nicht (-1)	Zwischen 1977 und 2001 (4)	1
ist14a*	Nicht gefragt (-2)	1995-1999 (6)	1
ist14	Weiß nicht (-1)	Elektrospeicher / Kleinspeicher (8)	1
ist14b	Weiß nicht (-1)	Mit Warmwasserzirkulation (2)	1
ist14c	Weiß nicht (-1)	Nein (2)	1
ist14c*	Nicht gefragt (-2)	Nein (2)	1
ist14c_1a	Weiß nicht (-1)	Zwischen 1977 und 2001 (2)	1
ist15_1	Weiß nicht (-1)	Gar nicht (1)	1
ist15_2	Weiß nicht (-1)	Gar nicht (1)	1
ist15_3	Weiß nicht (-1)	Gar nicht (1)	1
ist15_4	Weiß nicht (-1)	Gar nicht (1)	1
Anmerkung: * Mit zusätzlicher if-Bedingung			

Table 4: Annahmen über Parameter

Parameter	Originale Variable	Originaler Wert (Nummer)	Umstellen zu	R-Script
q_Fa	ist1	Weiß nicht (-1)	30	4
p_Fa	ist2	Weiß nicht (-1)	0.66	4
f_TBDG	ist7_1a	Nicht gefragt (-2)	0	4
f_TBDG	ist7_1a	Weiß nicht (-1)	0.5	4
p_Da	ist7_1a	Nicht gefragt (-2)	1.33	4
p_Da	ist7_1a	Weiß nicht (-1)	0.75	4
p_OG	ist7_1a	Nicht gefragt (-2)	0	4
p_OG	ist7_1a	Weiß nicht (-1)	0.67	4
f_TBKG	ist8	Weiß nicht (-1)	0.5	4
f_Dda	ist15_1	Weiß nicht (-1)	0	4
f_DOG	ist15_2	Nicht gefragt (-2)	0	4
f_DOG	ist15_2	Weiß nicht (-1)	0	4
f_DAW	ist15_3	Weiß nicht (-1)	0	4
f_DFB	ist15_4	Weiß nicht (-1)	0	4

Übersicht Variablen

Die folgenden Tabellen stellen eine Übersicht über die verwendeten Parameter dar sowie über die Zwischen- und Endergebnisse der Rechnung. Dazu finden Sie eine kurze Beschreibung der Variablen, (wenn vorhanden) deren Einheit und in welchem Skript sie zum Einsatz kommen.

Table 5: Parameter

Variablenbezeichnung	Beschreibung	Einheit	R-Skript
kfwEM_roo	KfW Förderung für Dach	Binärer Indikator, KfW Förderung in Anspruch genommen wurde	2,4
kfwEM_tf	KfW Förderung für Obere Geschossdecke	Binärer Indikator, KfW Förderung in Anspruch genommen wurde	2,4
kfwEM_ext	KfW Förderung für Außenwände	Binärer Indikator, KfW Förderung in Anspruch genommen wurde	2,4
kfwEM_base	KfW Förderung für Keller und Fußboden unterstes Geschoss	Binärer Indikator, KfW Förderung in Anspruch genommen wurde	2,4
kfwEH	KfW Förderung für Komplettanierung	Binärer Indikator, KfW Förderung in Anspruch genommen wurde	2,4
q_Fa	Fassadenflächenkoeffizienten		4
p_Fa	Fassadenflächenkoeffizienten nach Grundriss		4
f_TBDG	Teilbeheizungsgrad Dachgeschoss für Schrägdach		4
p_Da	Dachflächenkoeffizient für Schrägdach		4
p_OG	Obergeschossflächenkoeffizienten		4
f_Ga	Korrekturfaktor Gauben		4
f_TBKG	Teilbeheizungsgrad Kellergeschoss		4
f_L	Luftvolumenfaktor		4
f_DDa	Dämmungsgrad Dach	% - als Dezimalwerte	4

f_DOG	Dämmungsgrad Obergeschoss	% - als Dezimalwerte	4
f_DAW	Dämmungsgrad Außenwände	% - als Dezimalwerte	4
f_DFB	Dämmungsgrad Kellergeschoss	% - als Dezimalwerte	4
ins_roof	nachträgliche Dämmstärke Dach	cm	4
u_roof_min	Technische Mindestanforderungen für Dächer U-Werte	W/m ² K	4
u_roof_ref	Referenz-U-Wert für Dach	W/m ² K	4
ins_uf	Nachträglichen Dämmstärke Obergeschoss	cm	4
u_uf_min	Technische Mindestanforderungen für Obergeschosse U-Werte	W/m ² K	4
u_uf_ref	Referenz-U-Wert für Obergeschoss	W/m ² K	4
ins_wall	Nachträglichen Dämmstärke Außenwand	cm	4
u_wall_min	Technische Mindestanforderungen für Außenwände U-Werte	W/m ² K	4
u_wall_ref	Referenz-U-Wert für Außenwand	W/m ² K	4
ins_floor	Nachträglichen Dämmstärke Fußboden	cm	4
u_floor_min	Technische Mindestanforderungen für Fußböden U-Werte	W/m ² K	4
u_floor_ref	Referenz-U-Wert für den Fußboden	W/m ² K	4
p_fb	Parameter Bodenfläche		4
p_fe	Parameter der Fensteroberfläche		4
Ft_OG	Reduktionsfaktor für das oberste Stockwerk		4
Ft_AW	Reduktionsfaktor für Außenwand gegen Boden		4
Ft_FB	Reduktionsfaktor für unterste Etage		4
U_WBZ	U-Wert für Wärmebrückenverluste		4
theta_Soll	Raum-Solltemperatur		4
f_z	Reduktionsfaktor für zeitlich begrenztes Heizen		4
f_r	Reduktionsfaktor für räumlich begrenzte Heizung		4
f_n	Nutzungsfaktor		4
eta_G	Wirkungsgrad der Heizung		4
u_io	original U-Wert, nach Baujahr	i = Da, OG, AW, FB	4

u_iKFW	U-Wert abhängig von der KfW-Förderung	i = Da, OG, AW, FB	4
u_il	Initialisierte U-Werte: Angepasste Gebäude-/Anlagenkomponenten, keine Annahme über aktuellen Standard möglich	i = Da, OG, AW, FB	4
q_w	Nutzwärmebedarf	kWh/(m ² a)	5
q_wd	Wärmeverlust Verteilung	kWh/(m ² a)	5
q_ws	Wärmeverlust Speicherung	kWh/(m ² a)	5
alpha_wg1	Erzeuger Deckungsanteil 1		5
e_wg1	Erzeuger Aufwandszahl 1		5
alpha_wg2	Erzeuger Deckungsanteil 2		5
e_wg2	Erzeuger Aufwandszahl 2		5
q_wdhe	Warmwasser Verteilung: Hilfsenergie-bedarf	kWh/(m ² a)	5
q_wshe	Warmwasser Speicherung: Hilfsenergie-bedarf	kWh/(m ² a)	5
q_wghe1	Strombedarf Erzeuger 1	kWh/(m ² a)	5
q_wghe2	Strombedarf Erzeuger 2	kWh/(m ² a)	5
q_hwd	Wärmeverlust Verteilung Heizwärmegutschrift	kWh/(m ² a)	5
q_hws	Wärmeverlust Speicherung Heizwärmegutschrift	kWh/(m ² a)	5
q_hce	Wärmeverlust Übergabe	kWh/(m ² a)	5
q_hd	Wärmeverlust Verteilung	kWh/(m ² a)	5
q_hs	Wärmeverlust Speicherung	kWh/(m ² a)	5
f_HP	Korrektur Faktor Heizperiode		5
alpha_hg1	Erzeuger Deckungsanteil 1		5
e_hg1	Erzeuger Aufwandszahl 2		5
alpha_hg2	Erzeuger Deckungsanteil 2		5
e_hg2	Erzeuger Aufwandszahl 2		5
q_hcehe	Strombedarf Übergabe	kWh/(m ² a)	5
q_hdhe	Strombedarf Verteilung	kWh/(m ² a)	5
q_hshe	Strombedarf Speicherung	kWh/(m ² a)	5
q_hghe1	Strombedarf Erzeuger 1	kWh/(m ² a)	5
q_hghe2	Strombedarf Erzeuger 2	kWh/(m ² a)	5
p_wwet1	Preis WW Erzeuger 1	€	5
p_rhet1	Preis RH Erzeuger 1	€	5

Table 6: Variablen Zwischenberechnungen

Variablenbezeichnung	Beschreibung	Einheit	R-Skript
n_G	Anzahl beheizte Geschosse		4

A_HS	Flaeche des beheizten Geschosses	m ²	4
A_FB	Flaeche unterstes beheiztes Geschoss	m ²	4
A_Da	Flaeche Dach	m ²	4
A_OG	Flaeche OG	m ²	4
A_Fe	Flaeche Fenster	m ²	4
A_AWK	Flaeche Außenwand gegen Erdreich	m ²	4
A_AW	Flaeche Außenwand	m ²	4
A_tH	Flaeche Bauhuelle Gebaeudehuelle	m ²	4
A_EB	Energiebezugsflaeche	m ²	4
V_L	Luftvolumen	m ²	4
H_TD _a	Dach Transmissionswaermeverlust	W/K	4
H_TOG	Obergeschoss Transmissionswaermeverlust	W/K	4
H_TAW	Außenwand Transmissionswaermeverlust	W/K	4
H_TAWK	Außenwand gegen Erdreich Transmissionswaermeverlust	W/K	4
H_TFB	Unterer Fußboden Transmissionswaermeverlust	W/K	4
H_TFe	Fenster Transmissionswaermeverlust	W/K	4
H_TW _{BZ}	Waermebrueckenverluste	W/K	4
H_T	Transmissionswaermeverlust Insgesamt	W/K	4
H_V	Lüftungswärmeverlust	W/K	4
H_V	Lüftungswärmeverlust	W/K	4
f_GT	Gradzahlfaktor	kKh / a	4
Q_L	Wärmeverlust	kWh / a	4
Q_S	Solarer Wärmeeintrag	kWh / a	4
Q_I	Innere Wärmequelle	kWh / a	4
q_h	Heizwärmeverbrauch/Bezugsfläche	kWh/(m ² a)	4
q_wstar	Waermeverbrauch WW Gesamt	kWh/(m ² a)	5
q_ew1	Endenergiebedarf Warmwasser (WW) Erzeuger 1 ohne Hilfsenergiebedarf	kWh/a	5
q_ew2	Endenergiebedarf WW Erzeuger 2 ohne Hilfsenergiebedarf	kWh / a	5
q_hew	Hilfsenergiebedarf Gesamt WW	kWh / a	5
q_ww	Endenergiebedarf (Wärme + Hilfsenergie) WW	kWh/a	5
q_hw	Heizwaermegutschrift	kWh/(m ² a)	5

q_hstar	Waermebedarf Raumheizung Gesamt	kWh/(m ² a)	5
q_eh1	Endenergiebedarf RH Erzeuger 1 ohne Hilfsenergiebedarf	kWh/a	5
q_eh2	Endenergiebedarf RH Erzeuger 2 ohne Hilfsenergiebedarf	kWh / a	5
q_heh	Hilfsenergiebedarf Gesamt Raum	kWh / a	5
q_rh	Endenergiebedarf (Wärme + Hilfsenergie) Raum	kWh/a	5
p_wwet1	Preis WW Erzeuger 1	€	5
K_ww	Gesamtkosten WW	€	5
p_rhet1	Preis RH Erzeuger 1	€	5
K_rh	Gesamtkosten Raumheizung	€	5

Table 7: Variablen Endergebnisse

Variablenbezeichnung	Beschreibung	Einheit	R-Skript
Ebj	Endenergiebedarf (Gesamt)	kWh/m ² a	5
Kdj	Absolute Energiekosten pro Jahr	€/a	5
h	Energetische Gebäudestandard	W/m ² K	4

Fehlermeldungen

Unter bestimmten Umständen kann es zu folgender Fehlermeldung kommen:

```
- Warning message:
In file.create(to[okay]) : cannot create file '05_Endergebnisse.xlsx',
  reason 'Permission denied'

- Error in file(file, ifelse	append, "a", "w")) :
  cannot open the connection
In addition: Warning message:
In file(file, ifelse-append, "a", "w")) :
  cannot open file '05_Endergebnisse.csv': Permission denied
```

Wenn diese Fehlermeldungen auftreten, müssen Sie sämtliche Excel Dateien, in denen die Endergebnisse abgespeichert werden, schließen. Danach können Sie die Skripte zur Berechnung der Endenergiebedarfe erneut ausführen.

References

Frondel, Manuel; Gerster, Andreas; Kaestner, Kathrin; Pahle, Michael; Schwarz, Antonia; Singhal, Puja; Sommer, Stephan (2023a): The German

Heating and Housing Panel (GHHP) - Wave 1: Building Characteristics, doi: 10.7807/ghhp:building:v1 .

Frondel, Manuel; Gerster, Andreas; Kaestner, Kathrin; Pahle, Michael; Schwarz, Antonia; Singhal, Puja; Sommer, Stephan (2023b): The German Heating and Housing Panel (GHHP) - Wave 1: Socioeconomic Characteristics and Experiments, doi: 10.7807/ghhp:experiment:v1 .

Frondel, Manuel; Gerster, Andreas; Kaestner, Kathrin; Pahle, Michael; Schwarz, Antonia; Singhal, Puja; Sommer, Stephan (2022). Ariadne-Report: So wird geheizt – Ergebnisse des Wärme- und Wohnen-Panels 2021, verfügbar unter: <https://ariadneprojekt.de/publikation/waermepanel21/>.

Glossar angewandte Energieforschung - forschungsnetzwerke-energie.de. (2022a). <https://www.forschungsnetzwerke-energie.de/glossar/U-Wert>

Glossar angewandte Energieforschung - forschungsnetzwerke-energie.de. (2022b). <https://www.forschungsnetzwerke-energie.de/glossar/Gesamtenergiedurchlassgrad+%28g-Wert%29>

Loga, T., Diefenbach, N., Knissel, J., & Born, R. (2005). Projekt: „Entwicklung eines vereinfachten, statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden“ Kurztitel: „Kurzverfahren Energieprofil“.

IWU, Institut Wohnen und Umwelt (2005). Kurzverfahren Energieprofil Arbeitsblaetter fuer die vereinfachte energetische Bewertung von Wohngebäuden, <https://www.iwu.de/forschung/energie/kurzverfahren-energieprofil/>
