

Klimatisierungsbedarf und dafür abgerufener Stromverbrauch für Wohngebäude in Deutschland von 2020 bis 2050

Ergebnisse von Arbeitspaket 2 im Projekt „Einbindung des Wärme- und Kältesektors in das Strommarktmodell PowerFlex zur Analyse sektorübergreifender Effekte auf Klimaschutzziele und EE-Integration“

FKZ 0325708, gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Freiburg, 27.07.2017

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Autorinnen und Autoren

Für das Öko-Institut e.V.:

Dr. Matthias Koch
Tanja Kenkmann
Christian Winger

Für das ISOE GmbH:

Dr. Immanuel Stieß

Lizenz: CC-BY-SA 3.0

Dieses Werk bzw. dieser Inhalt steht unter einer Creative Commons Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Lizenz ([CC-BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)) - Öko-Institut e.V. 2017

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

Partner

Dr. Immanuel Stieß
Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) gGmbH
Hamburger Allee 45
60486 Frankfurt am Main

Tel.: +49 69 707 69 19-19
Fax: +49 69 707 69 19-11
E-Mail: stiess@isoe.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
1. Motivation und Methodik	7
2. Regional aufgelöster Klimatisierungsbedarf von Wohngebäuden	8
3. Stündlich aufgelöste Profile für den abgerufenen Stromverbrauch zur Wohngebäudeklimatisierung	10

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Abgerufener Stromverbrauch zur Wohngebäudeklimatisierung je Bundesland im Szenario „Klib gering“	10
Abbildung 3-2:	Abgerufener Stromverbrauch zur Wohngebäudeklimatisierung je Bundesland im Szenario „Klib hoch“	11
Abbildung 3-3:	Stündlich aufgelöstes Profil des abgerufenen Stromverbrauchs zur Wohngebäudeklimatisierung im Szenario „Klib gering“	12
Abbildung 3-4:	Stündlich aufgelöstes Profil des abgerufenen Stromverbrauchs zur Wohngebäudeklimatisierung im Szenario „Klib hoch“	13
Abbildung 3-5:	Jahresdauerlinie des abgerufenen Stromverbrauchs zur Wohngebäudeklimatisierung im Szenario „Klib hoch“	14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Jahressumme des Klimatisierungsbedarfs nach Bundesländern	9
--------------	---	---

1. Motivation und Methodik

Ein Ziel von Arbeitspaket 2 im Projekt „Einbindung des Wärme- und Kältesektors in das Strommarktmodell PowerFlex zur Analyse sektorübergreifender Effekte auf Klimaschutzziele und EE-Integration“ ist die Ermittlung der heutigen und zukünftigen Stromnachfrage für die Wohngebäudeklimatisierung.

In diesem Begleitdokument werden ergänzend zum Endbericht¹ des Projekts nach Bundesländern aufgelöste Daten zum Klimatisierungsbedarf (Kapitel 2) sowie stündlich aufgelöste Profile zum abgerufenen Stromverbrauch für Klimaanlage je Bundesland (Kapitel 3) bereitgestellt. Diese Daten und Profile können dann in geeignete Gebäude- oder Strommarktmodelle eingelesen und in weiteren modellgestützten Analysen verwendet werden.

Ausgangspunkt für die Ableitung der zukünftigen Stromnachfrage zur Wohngebäudeklimatisierung ist zunächst die Entwicklung des Klimatisierungsbedarfs der Wohngebäude. Diese hängt von mehreren Einflussfaktoren ab:

- a) Klimaentwicklung in Deutschland (Hitzeperioden und Außentemperaturen)
- b) Bevölkerungs- und Wohnflächenentwicklung
- c) Entwicklung des energetischen Zustands der Wohngebäude (Effizienzstandards und Sanierungsaktivitäten)

Der Klimatisierungsbedarf wird dabei ausgehend von repräsentativen Typgebäuden nach DIN 18599-2 auf den deutschen Wohngebäudebestand hochgerechnet und mit Hilfe einer unterstellten Entwicklung des Gebäudebestandes, einer angenommenen Sanierungsrate sowie zu erreichenden Effizienzstandards bis 2050 für zwei verschiedene Szenarien fortgeschrieben. Die beiden Szenarien beschreiben unterschiedlich ambitionierte Sanierungsaktivitäten, die einen unterschiedlich hohen Klimatisierungsbedarf nach sich ziehen.

Ausgehend vom Klimatisierungsbedarf wird der tatsächlich zur Wohngebäudeklimatisierung benötigte Stromverbrauch von folgenden Einflussparametern bestimmt:

- d) Entwicklung der Zahl der Haushalte mit einer Klimaanlage
- e) Entwicklung der klimatisierten Wohnfläche
- f) Tägliche Klimatisierungszeiten an Werktagen und Wochenenden
- g) Technologien für die Wohngebäudeklimatisierung

Diese Einflussparameter wurden auf der Basis der Ergebnisse einer sozial-empirischen Datenerhebung, welche vom ISOE in Frankfurt durchgeführt wurde, abgeschätzt. Die Ergebnisse der sozial-empirischen Datenerhebung werden derzeit vom ISOE als Diskussionspapier² veröffentlicht.

Der unterschiedlich hohe Klimatisierungsbedarf in den beiden Szenarien zieht eine unterschiedliche Entwicklung bei der Zahl der klimatisierenden Haushalte und der Größe der klimatisierten Wohnfläche in den beiden Szenarien nach sich. Letztendlich zeigen die beiden unterschiedlichen Varianten der Entwicklung eine Spannweite für den künftigen Stromverbrauch der Wohngebäudeklimatisierung in Deutschland auf. Im Szenario „Klib hoch“ (Klimatisierungsbedarf hoch) sind geringe Sanierungsanstrengungen mit einer stärkeren Entwicklung der klimatisierten Wohnfläche kom-

¹ Einbindung des Wärme- und Kältesektors in das Strommarktmodell PowerFlex zur Analyse sektorübergreifender Effekte auf Klimaschutzziele und EE-Integration, 21.06.2017, <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Einbindung-Waerme-Kaeltesektor-Powerflex.pdf>

² <http://www.iso.de/publikationen/iso-reihen/iso-diskussionspapiere/>

biniert. Im „Klib gering“ (Klimatisierungsbedarf gering) wird eine entgegengesetzte Entwicklung unterstellt.

2. Regional aufgelöster Klimatisierungsbedarf von Wohngebäuden

Im Endbericht ist der Klimatisierungsbedarf je Szenario und Jahr in den Klimaregionen sowie als Gesamtsumme für Deutschland dargestellt (Tabelle 3-12 und Tabelle 3-13 im Endbericht auf Seite 65). Ergänzend dazu wird der Klimatisierungsbedarf je Szenario und Jahr in diesem Begleitdokument auch noch in regionaler Auflösung je Bundesland dargestellt (Tabelle 2-1).

Diese ergänzende Darstellung stellt ein Zwischenergebnis auf dem Weg zum tatsächlich abgerufenen Stromverbrauch für die Klimatisierung je Szenario, Jahr und Bundesland dar (Tabelle 3-19 im Endbericht auf Seite 73).

Unterschiede zwischen den Bundesländern sind zuallererst auf die unterschiedliche Bevölkerungsgröße und damit zusammenhängend auf die unterschiedliche Entwicklung der Wohnfläche zurückzuführen. Eine weitere wesentliche Einflussgröße ist außerdem die unterschiedliche Entwicklung der sommerlichen Temperaturen, die nach den aktuellen Klimamodellen³ in den verschiedenen Klimaregionen in Deutschland unterschiedlich ausfällt. So nimmt zum Beispiel der Klimatisierungsbedarf im „sommerheißen“ Oberrheingraben und Neckartal stärker zu als in den „sommerkühlen“ Küstenregionen von Nord- und Ostsee (vgl. Tabelle 3-11 im wissenschaftlichen Endbericht).

Die Bevölkerung der Bundesländer (und damit die Wohnfläche) wurde in den jeweiligen Zieljahren anteilig auf die verwendeten Sommerklimaregionen aufgeteilt. Hierzu wurden die Flächen der Bundesländer mit den Flächen der Klimaregionen verschnitten.

Bei der Entwicklung des energetischen Zustands der Wohngebäude wurde keine Differenzierung nach Bundesländern vorgenommen, in dem erstellten vorliegenden Modell verläuft diese Entwicklung in allen Bundesländern gleich.

³ Verwendet wurde das Szenario A1B des IPCC-Sonderberichtes über Emissions-Szenarien (vgl. Kapitel 3.3.3 im wissenschaftlichen Endbericht).

Tabelle 2-1: Jahressumme des Klimatisierungsbedarfs nach Bundesländern

	Klib hoch			Klib gering		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050
	GWh/a					
Baden-Württemberg	1.594	3.454	10.069	1.076	1.827	4.045
Bayern	1.889	4.092	11.927	1.275	2.164	4.792
Berlin	509	1.103	3.215	344	583	1.292
Brandenburg	369	801	2.334	249	423	937
Bremen	99	214	624	67	113	251
Hamburg	262	567	1.652	177	300	664
Hessen	908	1.966	5.732	613	1.040	2.303
Mecklenburg-Vorpommern	241	523	1.525	163	277	612
Niedersachsen	1.173	2.542	7.411	792	1.345	2.977
Nordrhein-Westfalen	2.648	5.737	16.723	1.788	3.034	6.718
Rheinland-Pfalz	602	1.304	3.801	406	690	1.527
Saarland	150	325	947	101	172	381
Sachsen	611	1.324	3.858	412	700	1.550
Sachsen-Anhalt	341	738	2.152	230	391	865
Schleswig-Holstein	423	917	2.674	286	485	1.074
Thüringen	327	709	2.068	221	375	831
Summe	12.147	26.317	76.712	8.201	13.919	30.818

Quelle: Berechnung Öko-Institut e.V.

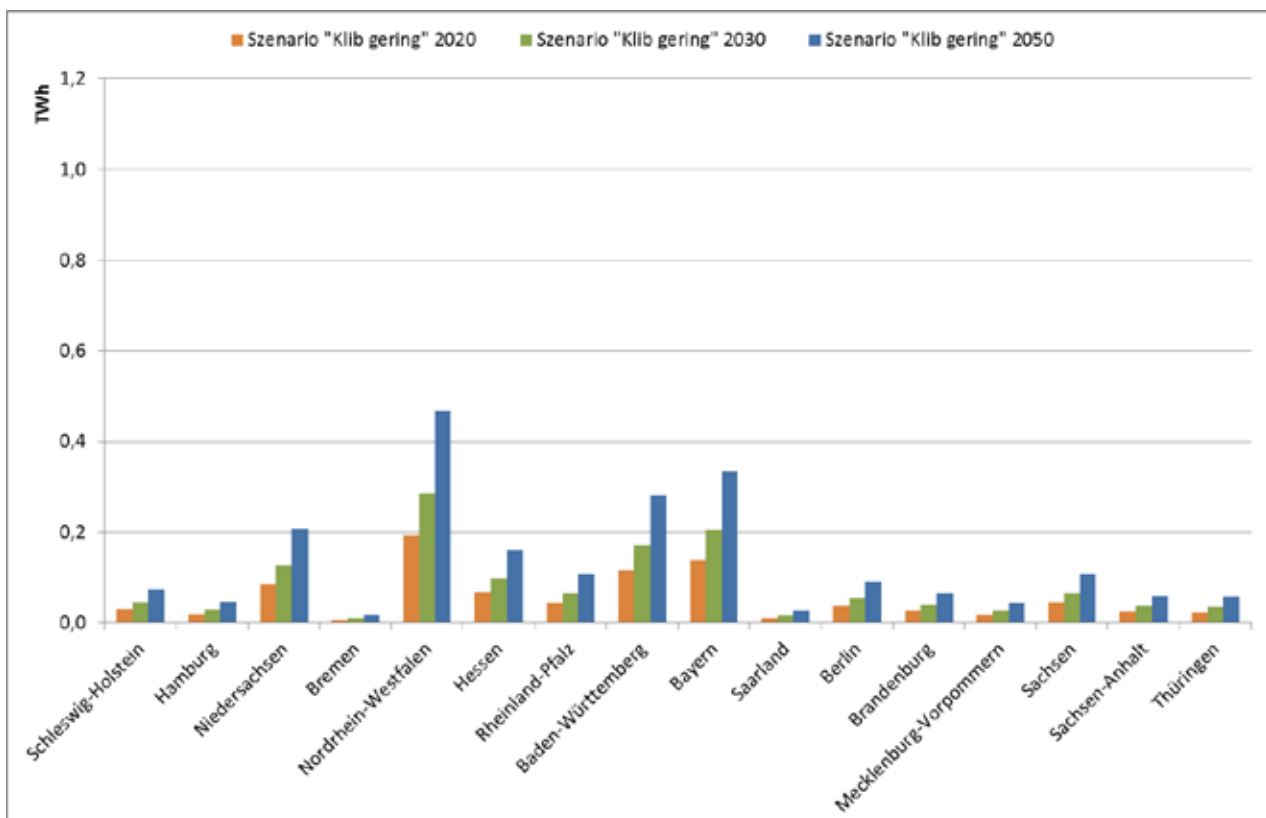
3. Stündlich aufgelöste Profile für den abgerufenen Stromverbrauch zur Wohngebäudeklimatisierung

Um aus dem Klimatisierungsbedarf der Wohngebäude den tatsächlichen Strombedarf für die Klimatisierung abzuleiten, mussten eine Reihe von Festlegungen getroffen werden. Zunächst wurde aus den Ergebnissen der sozial-empirischen Erhebung die Zahl der klimatisierenden Haushalte und die Größe der klimatisierten Wohnfläche errechnet und fortgeschrieben. Die beiden Klimatisierungsszenarien „Klib hoch“ und „Klib gering“ unterscheiden sich auch hinsichtlich dieser Eingangsgrößen.

Im nächsten Schritt wurde der tatsächlich abgerufene Stromverbrauch für die Wohngebäudeklimatisierung aus dem spezifischen Stromverbrauch der Klimaanlage (SEER⁴-Werte) und dem Klimatisierungsverhalten der Nutzer abgeleitet. Beim Nutzerverhalten sind insbesondere die tägliche Klimatisierungsdauer bei entsprechendem Klimatisierungsbedarf und die Klimatisierungszeiten relevant, die ebenfalls aus den Ergebnissen der sozial-empirischen Erhebung abgeleitet wurden. Bei diesen Annahmen gibt es keine Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern, die Bevölkerung aller Bundesländer verhält sich in dem verwendeten Modell bei auftretendem Klimatisierungsbedarf gleich.

Details dazu können dem [wissenschaftlichen Endbericht](#) in Kapitel 3.3 entnommen werden.

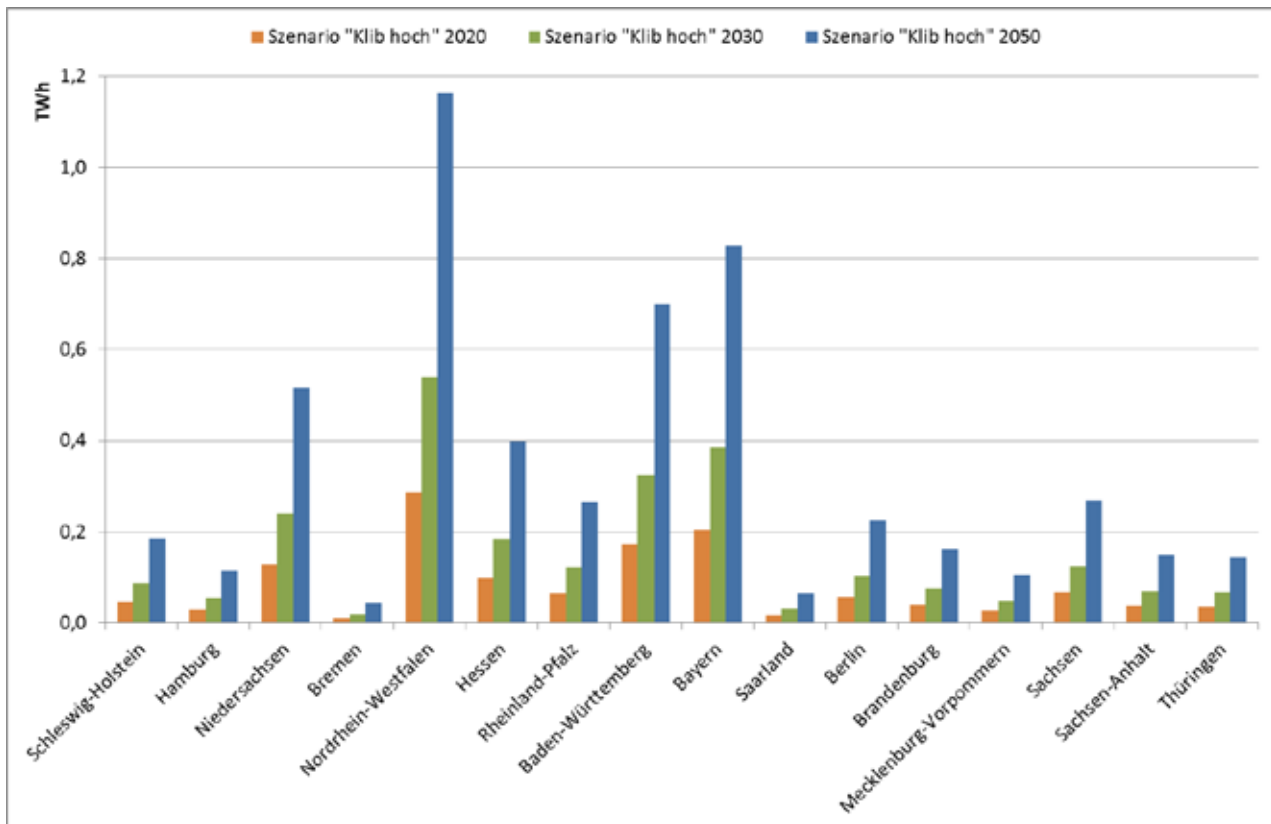
Abbildung 3-1: Abgerufener Stromverbrauch zur Wohngebäudeklimatisierung je Bundesland im Szenario „Klib gering“



Quelle: Öko-Institut e.V. (eigene Berechnung)

⁴ Seasonal energy efficiency ratio

Abbildung 3-2: Abgerufener Stromverbrauch zur Wohngebäudeklimatisierung je Bundesland im Szenario „Klib hoch“



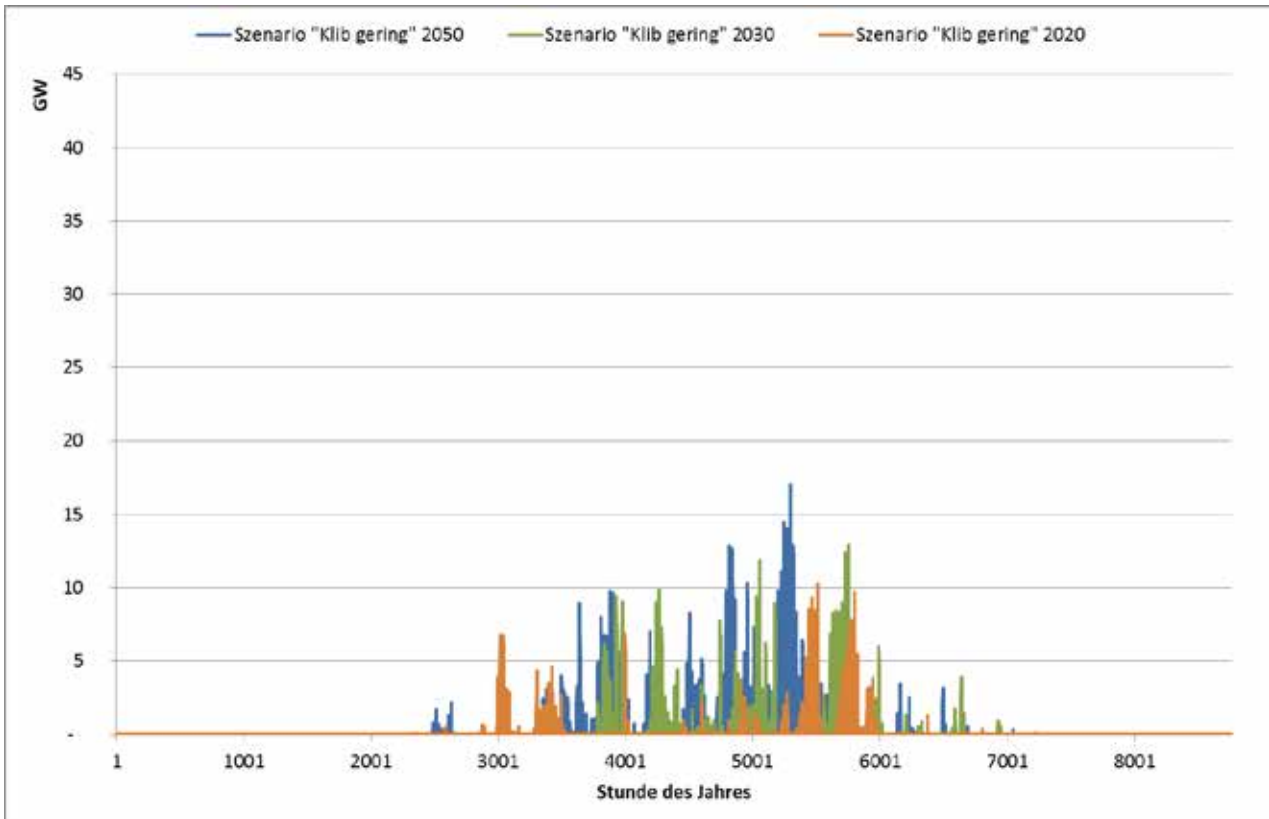
Quelle: Öko-Institut e.V. (eigene Berechnung)

Die in diesem Projekt durchgeführten Berechnungen führen zu den in der [Excel-Datei „Datensatz fuer den abgerufenen Stromverbrauch fuer die Klimatisierung von Wohngebaeuden 2020 bis 2050.xlsx“](#) dargestellten Stromverbrauchszeitreihen für Deutschland und auf Bundeslandebene. Ausgehend von diesen Stromverbrauchszeitreihen kann auf den stündlich aufgelösten Klimatisierungsbedarf rückgerechnet werden, indem die Stromverbrauchszeitreihen mit den jeweiligen SEER-Werten (Tabelle 3-14 im Endbericht) multipliziert und durch die Abruftwahrscheinlichkeiten, d.h. die täglichen Klimatisierungszeiten, dividiert werden (Abbildung 3-11 und 3-12 im Endbericht).

Die Bundesländer mit dem höchsten Stromverbrauch für die Wohngebäudeklimatisierung sind Nordrhein-Westfalen, Bayern und Baden-Württemberg (Abbildung 3-1 und Abbildung 3-2). In der Fortschreibung bis 2050 wird darüber hinaus die starke Zunahme des Stromverbrauchs für die Wohngebäudeklimatisierung deutlich, so dass sich dieser Sektor von einer Nischenanwendung zu einem relevanten Stromverbraucher entwickelt.

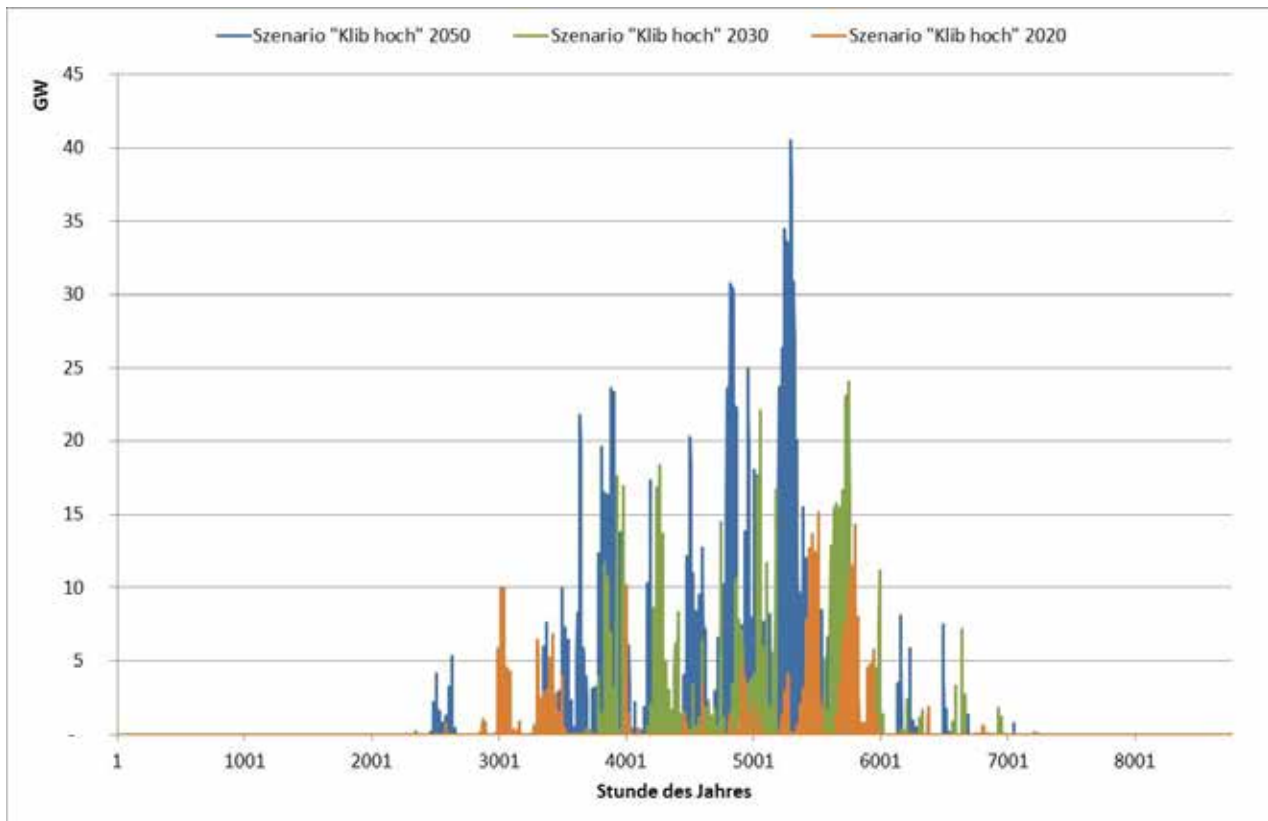
Im zeitlichen Verlauf zeigen sich erwartungsgemäß saisonal hohe Verbrauchsspitzen im Sommer und überhaupt kein Stromverbrauch im Winter (Abbildung 3-3 und Abbildung 3-4). Auffällig sind zudem die hohen punktuellen Lastspitzen durch die Wohngebäudeklimatisierung von bis zu 40 GW im Szenario „Klib hoch“ und im Jahr 2050 (Abbildung 3-4). In den Szenarien mit geringem Klimatisierungsbedarf wird hingegen nur eine maximale Stromnachfrage von 17 GW im Jahr 2050 erreicht (Abbildung 3-3).

Abbildung 3-3: Stündlich aufgelöstes Profil des abgerufenen Stromverbrauchs zur Wohngebäudeklimatisierung im Szenario „Klib gering“



Quelle: Öko-Institut e.V. (eigene Berechnung)

Abbildung 3-4: Stündlich aufgelöstes Profil des abgerufenen Stromverbrauchs zur Wohngebäudeklimatisierung im Szenario „Klib hoch“

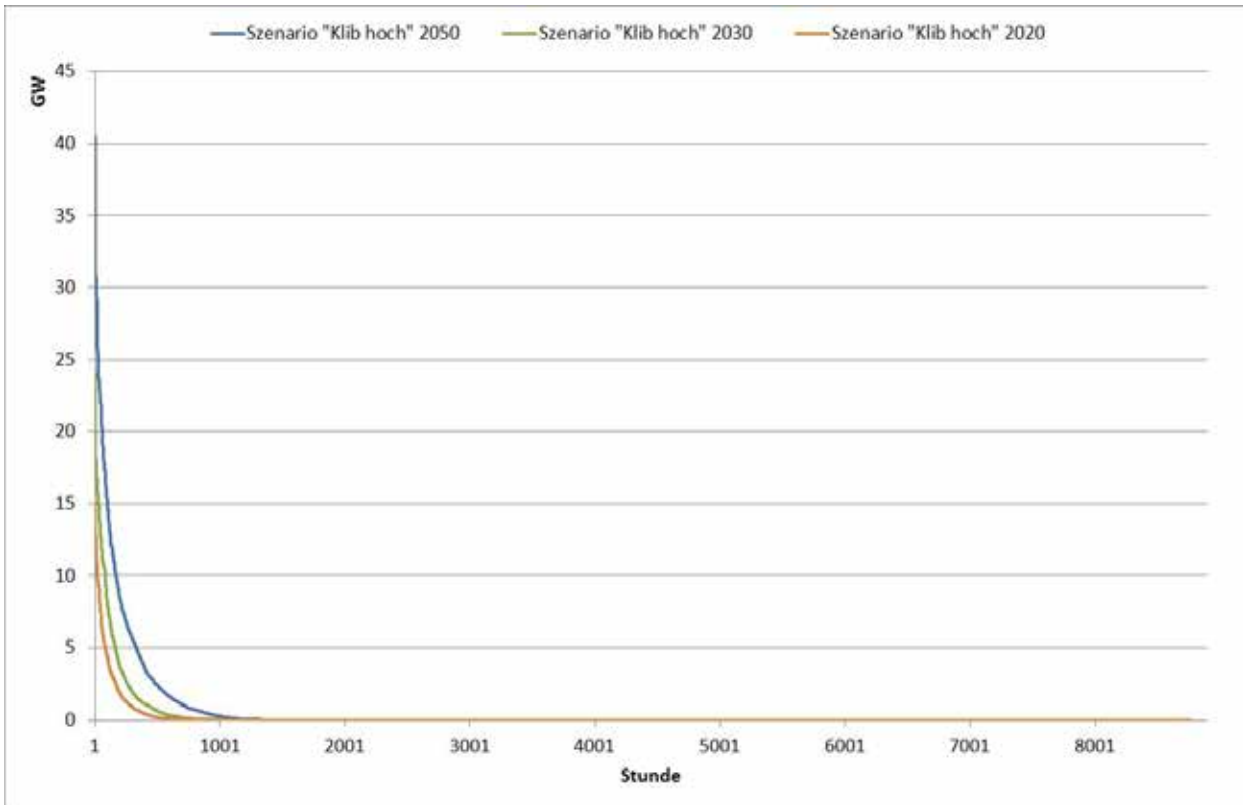


Quelle: Öko-Institut e.V. (eigene Berechnung)

In der Darstellung als Jahresdauerlinie wird zudem deutlich, dass die Klimaanlage in Wohngebäuden Betriebsstunden von rund 500 h im Jahr 2020 bis 1000 h im Jahr 2050 aufweisen. Ausgedrückt als Volllaststunden sind es rund 80 h im Jahr 2020 bis 130 h im Jahr 2050 (Abbildung 3-5).

Vor dem Hintergrund der im Sommer zu erwartenden punktuellen Lastspitzen im Stromsystem durch die Wohngebäudeklimatisierung wird zukünftig (zumindest teilweise) ein an die lokale Netz-situation angepasster Betrieb mit Hilfe einer externen Steuerung erforderlich werden. Dies betrifft neben der Wohngebäudeklimatisierung grundsätzlich alle neuen Stromanwendungen, wie zum Beispiel auch Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen, die je nach Ausprägung zu einer Erhöhung der Stromnachfrage und zu einer Verstärkung von Lastspitzen im Verteilnetz führen.

Abbildung 3-5: Jahresdauerlinie des abgerufenen Stromverbrauchs zur Wohngebäudeklimatisierung im Szenario „Klib hoch“



Quelle: Öko-Institut e.V. (eigene Berechnung)