

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Referenzlastprofile von Ein- und Mehrfamilien-
häusern für den Einsatz von KWK-Anlagen

VDI 4655

Reference load profiles of single-family and
multi-family houses for the use of CHP systems

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authorita-
tive. No guarantee can be given with respect to the English trans-
lation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
Einleitung	2	Introduction	2
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3
2 Normative Verweise	4	2 Normative references	4
3 Begriffe	4	3 Terms and definitions	4
4 Formelzeichen und Abkürzungen	8	4 Symbols and abbreviations	8
5 Einfluss des Gebäudestandortes	9	5 Influence of building site	9
5.1 Testreferenzjahre (TRY) des DWD für 15 Klimazonen in Deutschland (TRY-nn)	13	5.1 Test reference years (TRY) of the DWD for 15 climate zones in Germany (TRY-nn)	13
5.2 Aufteilung der Testreferenzjahre in Typtagkategorien	13	5.2 Breakdown of test reference years into typical-day categories	13
6 Anwendung der Richtlinie	15	6 Application of the guideline	15
6.1 Festlegung des Gebäudetyps	15	6.1 Specification of building type	15
6.2 Festlegung des Jahresenergiebedarfs	15	6.2 Specification of annual energy demand	15
6.3 Zuordnung des Gebäudestandortes	16	6.3 Allocation of building site	16
6.4 Ermittlung von Tagesenergiebedarfen	16	6.4 Determination of daily energy demand values.	16
6.5 Ermittlung eines Tagesbedarfsganges.	16	6.5 Determination of a daily demand curve	16
6.6 Ermittlung des Jahresenergiebedarfs	18	6.6 Determination of annual energy demand.	18
7 Beispielhafte Anwendung	18	7 Application example	18
7.1 Kenndaten Haus und Belegung	18	7.1 House and occupancy characteristics	18
7.2 Feststellung des Jahresenergiebedarfs	18	7.2 Determination of annual energy demand.	18
7.3 Zuordnung des Gebäudestandortes	19	7.3 Allocation of building site	19
7.4 Ermittlung der Tagesenergiebedarfe	19	7.4 Determination of daily energy demand values.	19
7.5 Ermittlung der Tagesbedarfsgänge	20	7.5 Determination of daily demand curves.	20
7.6 Zusammenstellung mehrtägiger Lastgänge.	21	7.6 Compilation of load curves for several days	21
8 Faktoren zur Berücksichtigung des Gebäudestandortes.	21	8 Factors allowing consideration of the building site	21
9 Referenzlastprofile für zehn Typtagkategorien	30	9 Reference load profiles for ten typical-day categories.	30
9.1 Typtage Einfamilienhäuser	30	9.1 Typical days, single-family houses.	30
9.2 Typtage Mehrfamilienhäuser	35	9.2 Typical days, multi-family houses	35
Schrifttum.	40	Bibliography	40

VDI-Gesellschaft Energietechnik
Arbeitsgruppe Brennstoffzellen in der Haustechnik
Fachausschuss Brennstoffzellen

VDI-Handbuch Energietechnik

Frühere Ausgabe: 05.07 Entwurf, deutsch
Former edition: 05/07 Draft, in German only

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2008

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi-richtlinien.de), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Wir danken der Initiative Brennstoffzellen (IBZ) für die Bereitstellung der Messdaten für den Strom-, Heizungs- und Warmwasserverbrauch von Ein- und Mehrfamilienhäusern.

Einleitung

In Deutschland wurden bisher einige tausend KWK-Anlagen kleiner Leistung installiert. Bei der Festlegung der technischen Daten stellte man jedoch fest, dass es derzeit keine Normen oder Richtlinien zur Bestimmung des Normnutzungsgrades gibt. Dieser wäre für einen Wirtschaftlichkeitsvergleich jedoch sehr wichtig.

Für konventionelle Heizgeräte wird heute die DIN 4702-8 herangezogen. Dabei definiert die DIN verschiedene Teillastpunkte für den Heizbetrieb, die bei vorgegebenen Temperaturspreizungen des Heizwassers vermessen werden.

Dieses Verfahren ist auf kleine KWK-Anlagen prinzipiell übertragbar. Jedoch müssen Angaben zur Bestimmung des elektrischen Nutzungsgrades ergänzt werden, die für den Betreiber von kleinen KWK-Anlagen als Kennwerte fundamental sind, da sie einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben.

Innerhalb des Arbeitskreises „Brennstoffzellen in der Haustechnik“ des VDI-GET-Fachausschusses „Brennstoffzellen“ (BREZEL) wurden die Vorarbeiten, das heißt die Sammlung und Auswertung von Messdaten sowie die Erstellung der typischen Lastprofile geleistet. Dem Arbeitskreis wurden existierende ein- bis zweijährige Messdaten von Ein- und Mehrfamilienhäusern zur Verfügung gestellt – Strom-, Heizwärme- und Warmwasserlastgänge. Die Messdaten von Ein- und Zweifamilienhäusern liegen als Minutenmittelwerte, die Messdaten von Mehrfamilienhäusern als 15-Minuten-Mittelwerte vor. Da die Erfassung der Lastgänge über einen Zeitraum von

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI notices (www.vdi-richtlinien.de).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

We wish to express our thanks to the Initiative Brennstoffzellen (IBZ) for providing the measured data of electrical, heating and hot-water energy consumption of single-family and multi-family houses.

Introduction

In Germany, several thousand small-scale CHP systems have been installed so far. When determining the technical data, it was found, however, that no standards or guidelines for the determination of the standard system efficiency are currently available, although this characteristic value would be highly important for an economic comparison.

For conventional heating appliances, DIN 4702-8 is the current basis. This DIN standard defines various partial-load points for the operation of heating systems, which are measured at specified temperature drops of the heating water.

The principle of this procedure can be applied to small-scale CHP systems but details for the determination of the electrical system efficiency need to be added. To the user of small CHP systems, these characteristics are fundamental as they substantially influence the system's cost-effectiveness.

Within the working group “Fuel Cells in the Building Services” of the VDI-GET Technical Committee “Fuel Cells” (BREZEL), the groundwork was laid by collecting and evaluating measured data and generating the typical load profiles. The working group was provided with existing measured data of single-family and multi-family houses, namely electrical, heating and hot-water load curves extending over one to two years. The measured data for detached houses and pairs of semi-detached houses are available as one-minute averages, those for multi-family houses as 15-minute averages. As recording the load curves over a period of one year would give an extremely

einem Jahr eine überaus große Datenmenge verursachen würde, wurde auf typische Lastgänge bestimmter Tage zurückgegriffen. Typische Lastprofile sind wichtig für die Auslegung und Wirtschaftlichkeitsberechnung von KWK-Anlagen.

Die Richtlinie VDI 4655 soll als Hilfestellung dienen, Nutzungsgrade von KWK-Anlagen zur Lieferung von Wärme und Strom in Wohngebäuden zu bestimmen.

Grundlage der Richtlinie ist dabei die Ermittlung von Referenzlastprofilen aus gemessenen Wärme-, Strom- und Warmwasserverbräuchen von fünf Ein- und drei Mehrfamilienhäusern. Die Referenzlastprofile wurden aus den Messwerten für zehn Typtagkategorien erstellt.

Ein Referenzlastprofil ist die Auswahl desjenigen Profils aus der Menge der definierten Typtage, das dem typischen Verlauf der gemessenen Tage am nächsten kommt. Somit ist gewährleistet, dass die Charakteristika eines Profils erhalten bleiben und nicht durch Mittelwertbildung und die damit verbundene Glättung verloren gehen.

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Referenzlastprofile ist in [1] ausführlich beschrieben.

Analyse und Auswertung der Messdaten sowie die Ermittlung von Referenzlastprofilen wurden vom Gaswärme-Institut e. V., Essen geleistet. Die Ergebnisse der Auswertung fließen in die Richtlinie ein.

Für die Bestimmung des Normnutzungsgrades einer KWK-Anlage wird eine DIN-Norm erstellt. Zur Auslegung einer Mikro-KWK-Anlage in Wohngebäuden ist die Richtlinie VDI 4656 in Vorbereitung.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie findet Anwendung für Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) für den Einsatz in Wohngebäuden mit einer Brennstoffleistung bis 70 kW (bezogen auf den Heizwert). Der Geltungsbereich erstreckt sich bei Einfamilienhäusern auf eine maximale Personenzahl von 12 Personen und bei Mehrfamilienhäusern auf bis zu 40 Wohneinheiten.

Die Richtlinie bietet mit Referenzlastprofilen Grundlagen und ein Instrumentarium für die Auslegung von Heizungsanlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung in Wohngebäuden und ihrer Wirtschaftlichkeitsberechnung. Hieraus können Prüfbedingungen für die Ermittlung des Nutzungsgrades, Auslegungskriterien und Verfahren zum Testen abgeleitet werden. Ebenso kann diese Richtlinie für Simulationen und Ausle-

large quantity of data, typical load curves of certain days were used instead. Typical load profiles are important for the designing and the cost-effectiveness analysis of CHP systems.

The guideline VDI 4655 is intended to give guidance for the determination of system efficiencies of CHP systems designed for the supply of thermal and electrical energy to residential buildings.

The guideline is based on the determination of reference load profiles from measured data of electrical, heating and hot-water energy consumption for five single-family and three multi-family houses. The reference load profiles were generated from the measured values for ten typical-day categories.

A reference load profile is the selection of that profile from the set of defined typical days which comes closest to the typical curve of the days measured. It is thus ensured that the characteristics of a profile are retained rather than lost due to averaging and the resulting smoothing.

The procedure of determining the reference load profiles has been described in great detail in [1].

The analysis and evaluation of the measured data and the generation of the reference load profiles were performed by Gaswärme-Institut e. V., Essen. The results of the evaluation are taken into account in the guideline.

As for the determination of the standard system efficiency of CHP systems, a DIN standard is currently being drafted. Regarding the design of micro-CHP systems for residential buildings, the guideline VDI 4656 is in preparation.

1 Scope

This guideline applies to combined heat and power systems (CHP systems) with a fuel input of up to 70 kW (referred to the net calorific value), designed for use in residential buildings. It covers single-family houses for up to 12 occupants and multi-family houses with up to 40 flats.

The guideline supplies reference load profiles as a basis and tool for the designing of combined heat and power systems in residential buildings and for their cost-effectiveness analysis. Test conditions for the determination of the system efficiency, design criteria and testing procedures may be derived from this guideline. Furthermore, the guideline can be used for simulations and design calculations. Operating times

gungsberechnungen herangezogen werden. Betriebszeiten und Betriebszyklen lassen sich zur Bestimmung von Lebensdauer und Wartungsintervallen nutzen.

and operating cycles can be used for the determination of service lives and maintenance intervals.

2 Normative Verweise / Normative references

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich: / The following referenced documents are indispensable for the application of this guideline:

Gesetze, Verordnungen, Verwaltungsvorschriften /
Acts, ordinances, administrative regulations

Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – **EnEV**) / Ordinance regarding energy-saving insulation and energy-saving systems in buildings (Energy Saving Ordinance – **EnEV**). BGBl I, 2007, Nr. 34, S. 1519–1563

Technische Regeln / Technical rules

DIN V 4108-6:2003-06 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden; Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs (Thermal protection and energy economy in buildings; Part 6: Calculation of annual heat and energy use). Berlin: Beuth Verlag

DIN V 4701-10:2003-08 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen; Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung (Energy efficiency of heating and ventilation systems in buildings; Part 10: Heating, domestic hot water supply, ventilation). Berlin: Beuth Verlag

DIN V 4701-12:2004-02 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand; Teil 12: Wärmeerzeuger und Trinkwassererwärmung (Energetic evaluation of heating and ventilation systems in existing buildings; Part 12: Heat generation and domestic hot water generation). Berlin: Beuth Verlag

DIN 4702-8:1990-03 Heizkessel; Ermittlung des Norm-Nutzungsgrades und des Norm-Emissionsfak-

tors (Central heating boiler; Determination of the standard efficiency and the standard emissivity). Berlin: Beuth Verlag

DIN 4710:2003-01 Statistiken meteorologischer Daten zur Berechnung des Energiebedarfs von heiz- und raumluftechnischen Anlagen in Deutschland (Statistics on German meteorological data for calculating the energy requirements for heating and air conditioning equipment). Berlin: Beuth Verlag

DIN V 18599-1:2007-02 Energetische Bewertung von Gebäuden; Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung; Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger (Energy efficiency of buildings; Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting; Part 1: General balancing procedures, terms and definitions, zoning and evaluation of energy sources). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 832:2003-06 Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden; Berechnung des Heizenergiebedarfs; Wohngebäude (enthält Berichtigung AC:2002); Deutsche Fassung EN 832:1998 + AC:2002 (Thermal performance of building; Calculation of energy use for heating; Residential buildings (includes Corrigenda AC:2002); German version EN 832:1998 + AC:2002). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN 15316-4-ff Heizanlagen in Gebäuden; Berechnung und Bewertung der Energieeffizienz von Systemen; Deutsche Fassung prEN 15316-4-ff (Heating systems in buildings; Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies; German version prEN 15316-4-ff). Berlin: Beuth Verlag

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die folgenden Begriffe:

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) im Sinne dieser Richtlinie sind Anlagen zur gleichzeitigen Er-

3 Terms and definitions

For the purposes of this guideline, the following terms and definitions apply:

Combined heat and power systems

For the purposes of this guideline, combined heat and power (CHP) systems are plants for the combined