

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Berechnung von Wärmepumpen
Kurzverfahren zur Berechnung der
Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen
Elektro-Wärmepumpen zur Raumheizung
und Warmwasserbereitung

VDI 4650
Blatt 1 / Part 1

Calculation of heat pumps
Simplified method for the calculation of the
seasonal performance factor of heat pumps
Electric heat pumps for space heating
and domestic hot water

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

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, Abkürzungen, Indizes	6	4 Symbols, abbreviations, subscripts	6
5 Grundlagen der Berechnung	7	5 Basics of calculation	7
6 Berechnung der Jahresarbeitszahl	8	6 Calculation of the seasonal performance factor	8
6.1 Berechnung der Jahresarbeitszahl Raumheizung	9	6.1 Calculation of the seasonal performance factor for space heating	9
6.2 Berechnung der Jahresarbeitszahl Warmwasserbereitung	16	6.2 Calculation of seasonal performance factor for DHW heating	16
6.3 Bivalente und monoenergetische Betriebsweise	20	6.3 Bivalent and mono-energetic operation	20
6.4 Berechnung der Gesamt- Jahresarbeitszahl	21	6.4 Calculation of the overall seasonal performance factor	21
7 Beispielrechnungen	22	7 Calculation examples	22
7.1 Erdwärmesonden-Wärmepumpe, Warmwasserbereitung durch die Heizungswärme-pumpe, monovalenter Betrieb	22	7.1 Heat pump with borehole heat exchangers, DHW heating provided by the space-heating heat pump, monovalent operation	22
7.2 Grundwasser-Wärmepumpe mit Zwischenwärmetauscher, Warmwasser- bereitung durch eine Warmwasser- Wärmepumpe mit Kellerluft als Wärmequelle, monovalenter Betrieb	23	7.2 Groundwater-source heat pump with intermediate heat exchanger, DHW heating afforded by a hot-water heat pump using cellar air as the heat source, monovalent operation	23
7.3 Außenluft-Wärmepumpe, Warmwasserbereitung durch die Heizungswärmepumpe, monoenergetisch paralleler Betrieb	24	7.3 Outdoor-air heat pump, DHW heating afforded by the heat pump for space heating, mono-energetic parallel operation	24
Schrifttum	27	Bibliography	27

VDI-Gesellschaft Energietechnik
Ausschuss Regenerative Energien

VDI-Handbuch Energietechnik
VDI-Handbuch Technische Gebäudeausrüstung, Band 4: Wärme-/Heiztechnik
VDI-Handbuch Umwelttechnik

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.

Einleitung

Die Gefahr von Klimaveränderungen auf der Erde durch menschliche Aktivitäten führt zu einer auch international weitgehend anerkannten Notwendigkeit zur möglichst weitreichenden Verminderung von CO₂-Emissionen und des Primärenergiebedarfs in allen Verbrauchssektoren.

Die Raumheizung hat einen großen Anteil am Energieverbrauch. Neben der Verminderung des Bedarfs durch Wärmeschutz bietet die Heiztechnik erhebliches Potenzial zur Verringerung des Energieverbrauchs. Insbesondere das „thermodynamische“ Heizen mit Wärmepumpen kann in neuen und auch bestehenden Gebäuden durch Nutzung der von der Sonne eingestrahelten Umweltwärme und Erdwärme beträchtliche Einsparungen bringen. Die Wärmepumpenheizung stellt derzeit eine der besten Möglichkeiten dar, bei mitteleuropäischem Klima Solarenergie zu nutzen.

Mit der vorliegenden VDI-Richtlinie wurde ein einfach zu handhabendes aber genügend genaues Verfahren zur Berechnung der energetischen Effektivität erstellt, das alle technisch bedeutenden Einflussgrößen berücksichtigt. Ausgedrückt wird diese in Jahresarbeitszahlen, da sich die Aufwandzahl, wenngleich vom Deutschen Institut für Normung e.V. (DIN) vorgegeben, nicht in der Fachöffentlichkeit durchgesetzt hat.

Die vielfältigen Eingriffe des Nutzers – Raumtemperatur, Lüftungsgewohnheit, Reglereinstellungen, Betrieb der Heizungsanlage und anderes mehr – sind nicht einkalkulierbar und können daher zu erheblichen Abweichungen von praktisch ermittelten zu berechneten Werten führen.

Diese Richtlinie befasst sich mit Elektro-Wärmepumpen insbesondere zur Versorgung von Wohn-

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.

Introduction

It is largely accepted, even at the international level, that the risk of global climatic changes as a consequence of human activities makes it necessary to reduce CO₂ emissions and the primary-energy demand in all consuming sectors to the greatest possible extent.

Space heating contributes to energy consumption to a large degree. In addition to a cutback on the demand by means of thermal insulation, heating technology offers a considerable potential for reducing energy consumption. In particular, the so-called “thermodynamic” heating using heat pumps can lead to significant savings in new, but also in existing buildings by making use of the ambient heat resulting from solar radiation, and of geothermal heat. Heat-pump heating is currently one of the best possibilities of using solar energy in Central European climate.

This VDI guideline describes an easy, yet sufficiently exact, method for the calculation of the energy efficiency, which takes into account all influence quantities of technical relevance. This energy efficiency is expressed in terms of the seasonal performance factor, given that the annual effort figure, although specified by Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN; the German Institute for Standardization), has not gained acceptance among experts.

The multitude of interventions by the user such as room temperature, airing habits, controller adjustments, operation of the heating system, etc., cannot be considered in the calculation and may, therefore, cause considerable deviations between practically determined and calculated values.

This guideline deals with electric heat pumps, particularly those providing residential buildings with

gebäuden mit Wärme für Raumheizung und Warmwasserbereitung. Es werden die hauptsächlich am Markt anzutreffenden technischen Varianten behandelt. Die ursprünglich vorgesehenen Blätter (siehe VDI 4650 Blatt 1:2003) werden aufgegeben. Eine entsprechende Richtlinie für Gaswärmepumpen VDI 4650 Blatt 2 ist in Bearbeitung.

1 Anwendungsbereich

Interessenten und Betreiber von Wärmepumpenanlagen möchten Klarheit über die zu erwartenden umweltrelevanten Ergebnisse, den Energieverbrauch und die Heizkosten haben. Staatliche und andere Unterstützung gewährende Institutionen, die mit dieser Technik die CO₂-Emissionen und den Primärenergieverbrauch verringern wollen, erwarten realistische Aussagen über zu erwartende Einsparungen. Die Richtlinie liefert die Jahresarbeitszahlen der Wärmeerzeugung als notwendige Ausgangsdaten.

Die energetische Effektivität der Wärmepumpentechnik hängt von einer ganzen Reihe von Faktoren ab, die insbesondere die Randbedingungen des Betriebs betreffen. Neben der Wärmequellen-temperatur, der Heizungsvorlauf-temperatur und deren Verläufen über die Heizperiode sind auch die Energieverbräuche für die Hilfsantriebe der Wärmequellenanlagen und die Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf in der Heizungsanlage von Bedeutung.

Prüfstandsmessungen der Geräte können nur im Zusammenhang mit den Auslegungsparametern der gesamten Wärmepumpenanlage zutreffende Aussagen über den energetischen Nutzen bringen. Messungen von Anlagen geben zwar abgesehen von der Messgenauigkeit reale Verbräuche wieder, aber nur für bereits in Betrieb befindliche Anlagen und mit möglicherweise abweichendem Betrieb durch die Nutzer. Unzureichende Ergebnisse sind schwer zu erklären und meist im Nachhinein nicht mehr zu verbessern. Deshalb sind leicht zu handhabende Daten für eine richtige Beurteilung der gesamten Wärmepumpenanlage, also des Geräts und der dazugehörigen Peripherie, besonders wichtig, um allen an diesem Gewerk Tätigen entsprechende Hinweise zu geben.

Die Richtlinie soll ausführliche Simulationsrechnungen nicht ersetzen, sie kann auch nicht als Dimensionierungsanleitung dienen. Aussagen über die Jahresarbeitszahl sind jedoch auch für abweichende Bedingungen möglich.

Wegen der bereits angesprochenen Problematik des unterschiedlichen und recht einflussreichen

heat for space heating and domestic hot water (DHW). The principal technical variants commercially available are considered. The originally planned parts of the guideline (see VDI 4650 Part 1:2003) are dismissed. A guideline pertaining to gas heat pumps VDI 4650 Part 2 is in progress.

1 Scope

Users of heat pump systems, and those interested in using them, wish to be clear about the environmentally relevant results to be expected, about energy consumption and heating costs. Governmental and other authorities granting support with the aim of reducing the CO₂ emissions and the consumption of primary energy by means of this technology expect realistic statements regarding anticipated savings. This guideline provides the seasonal performance factors of heat generation as necessary input data.

The energy efficiency of heat pumps is determined by quite a number of factors relating particularly to the boundary conditions of operation. In addition to the heat source temperature, the supply temperature of the heating system, and the variations of these quantities over the heating season, the energy consumptions for the auxiliary drives of the heat source systems and the difference between the supply and return temperatures of the heating system are also relevant.

Laboratory measurements of the appliances can only yield accurate information on the energetic benefit if they are related to the design parameters of the entire heat pump system. Measurements of systems do yield actual consumptions depending on the accuracy of measurement, but these results only apply to existing systems already in operation and for which the manner in which the users operate them may well differ. Insufficient results are difficult to explain, and in most cases, cannot subsequently be improved. Easy-to-handle data for correct assessment of the entire heat pump system, i.e., of the appliance and the associated peripherals, is therefore particularly important to provide guidance to all those working in this trade.

The guideline is not meant to replace detailed simulation calculations, nor can it serve as an instruction for dimensioning. However, it allows to make statements on the seasonal performance factor even under deviating conditions.

Due to the varying, and quite influential, user behaviour being a significant problem as already