

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresheizzahl
und des Jahresnutzungsgrads von
Sorptionswärmepumpenanlagen
Gas-Wärmepumpen zur Raumheizung und
Warmwasserbereitung

Simplified method for the calculation of the
annual heating energy ratio and the
annual gas utilisation efficiency of sorption heat pumps
Gas heat pumps for space heating and domestic hot water

VDI 4650

Blatt 2 / Part 2

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	3	Introduction	3
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3
2 Normative Verweise	5	2 Normative references	5
3 Begriffe	5	3 Terms and definitions	5
4 Formelzeichen, Abkürzungen, Indizes	7	4 Symbols, abbreviations, indices	7
5 Grundlagen der Berechnung	8	5 Basis of calculation	8
6 Berechnung der Jahresheizzahl und des Jahresnutzungsgrads	9	6 Calculation of annual heating energy ratio and annual gas utilisation efficiency	9
6.1 Berechnung der Jahresheizzahl und des Jahresnutzungsgrads für die Raumheizung	10	6.1 Calculation of annual heating energy ratio and annual gas utilisation efficiency for space heating	10
6.2 Berechnung der Jahresheizzahl und des Jahresnutzungsgrads für solarunterstützte Raumheizung	17	6.2 Calculation of annual heating energy ratio and annual gas utilisation efficiency for space heating with solar backup	17
6.3 Berechnung der Jahresheizzahl und des Jahresnutzungsgrads für die Warmwasserbereitung	17	6.3 Calculation of annual heating energy ratio and annual gas utilisation efficiency for DHW heating	17
6.4 Berechnung der Gesamt-Jahresheizzahl und des Gesamt-Jahresnutzungsgrads	19	6.4 Calculation of total annual heating energy ratio and total annual gas utilisation efficiency	19
7 Elektrische Leistungsaufnahme im Bereitschaftsbetrieb	20	7 Electrical power input in standby mode	20
8 Messunsicherheiten	21	8 Uncertainties of measurement	21
9 Beispielrechnungen	21	9 Calculation examples	21
9.1 Berechnung der Jahresheizzahl und des Jahresnutzungsgrads für eine Sorptionswärmepumpenanlage mit Erdwärmesonden ohne Solareintrag für Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung	21	9.1 Calculation of annual heating energy ratio and annual gas utilisation efficiency for a sorption heat pump system with borehole heat exchangers without solar backup for space heating and DHW heating	21

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)

Fachbereich Energiewandlung und -anwendung

VDI-Handbuch Energietechnik
VDI-Handbuch Ressourcenmanagement in der Umwelttechnik
VDI-Handbuch Wärme-/Heiztechnik

Seite	Page
9.2 Berechnung der Jahresheizzahl und des Jahresnutzungsgrads für eine Sorptionswärmepumpenanlage mit der Wärmequelle Solarstrahlung und mit Solareintrag für Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung	22
Anhang A	25
A1 Ableitung der Heizungs- und -rücklauftemperaturen in Abhängigkeit von der relativen Wärmeleistung der Sorptionswärmepumpenanlage, der Raumsolltemperatur, den Norm-Vor- und -Rücklauftemperaturen des Heiznetzes und dem Heizflächenexponenten	25
A2 Berechnung der Außentemperaturen in Abhängigkeit von der relativen Wärmeleistung der Sorptionswärmepumpenanlage, der Raumsolltemperatur und der Norm-Außentemperatur	26
Anhang B Simulationsrechnung mit verschiedenen Wärmepumpen hinsichtlich ihrer Länge und Rücklauftemperaturenverläufe der Erdwärmesonden.	27
Anhang C Ermittlung der Verdampfeintrittstemperatur bei Wärmepumpen mit Solarkollektoren.	32
Anhang D Tabellarische Übersicht der Aufgaben und Tätigkeiten von Herstellern, Prüflaboratorien und Anlagenplanern	34
Schrifttum	38
9.2 Calculation of annual heating energy ratio and annual gas utilisation efficiency for a sorption heat pump system using solar radiation heat source plus solar backup for space heating and DHW heating.	22
Annex A	25
A1 Derivation of the heating supply and return temperatures as a function of the relative thermal output of the sorption heat pump system, the specified room temperature, the standard supply and return temperatures of the heating system and the heating surface exponent	25
A2 Calculation of the outdoor temperatures as a function of the relative thermal output of the sorption heat pump system, the specified room temperature and the standard outdoor temperature	26
Annex B Simulation calculation for various heat pumps with regard to their length and return temperature profiles of borehole heat exchangers	27
Annex C Determination of evaporator inlet temperature for heat pumps with solar collectors	32
Annex D Overview tables of the tasks and activities of manufacturers, testing laboratories and system planners.	36
Bibliography	38

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.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/4650.

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.

A catalogue of all available parts of this series of guidelines can be accessed on the internet at www.vdi.de/4650.

Einleitung

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

Raumheizung und Warmwasserbereitung haben beide einen großen Anteil am Energieverbrauch. Neben der Verminderung des Bedarfs durch Wärmeschutz bietet eine effiziente Heiz- und Warmwasserbereitungstechnik 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 eingestrahlten Umweltwärme und von Erdwärme beträchtliche Einsparungen bringen.

Mit der vorliegenden 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 Jahresheizzahlen. Die Jahresheizzahlen für Gaswärmepumpen entsprechen thermodynamisch den in der Richtlinie VDI 4650 Blatt 1 beschriebenen Jahresarbeitszahlen für Elektrowärmepumpen; zusätzlich wird auch der Jahresnutzungsgrad ermittelt, der den Vergleich zu Gasgeräten erleichtert.

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

Diese Richtlinie befasst sich mit Gas-Sorptionswärmepumpen insbesondere zur Versorgung von Wohngebäuden mit Wärme für Raumheizung und Warmwasserbereitung. Es werden die hauptsächlich am Markt anzutreffenden technischen Varianten behandelt.

1 Anwendungsbereich

Interessenten und Betreiber von Sorptionswärmepumpenanlagen 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. Als Maß für die zu erwartende Einsparung liefert diese Richtlinie die Berechnungsgrundlage für die

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 and domestic hot water (DHW) heating both contribute to energy consumption to a large degree. In addition to a cutback on the demand by means of thermal insulation, an efficient heating and DHW 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.

The present guideline describes a simple, yet sufficiently exact, method for calculating the energy efficiency, which takes into account all influence quantities of technical relevance. This energy efficiency is expressed in terms of annual heating energy ratios. From the viewpoint of thermodynamics, the annual heating energy ratios of gas heat pumps correspond to the seasonal performance factors of electric heat pumps described in the guideline VDI 4650 Part 1; additionally, the annual gas utilisation efficiency is determined, facilitating a comparison with gas appliances.

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 deviations between practically determined and calculated values.

This guideline deals with gas sorption heat pumps, particularly those intended to supply heat to residential buildings for space heating and DHW purposes. The technical variants most common in the market are addressed.

1 Scope

Users of sorption 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. As a measure of the saving to be expected, this guideline provides the calculation basis for the annual heating

Jahresheizzahlen und die Jahresnutzungsgrade von Sorptionswärmepumpenanlagen, welche im Rahmen der vorliegenden Richtlinie betrachtet werden.

Die energetische Effektivität der Wärmepumpentechnik hängt von einer ganzen Reihe von Faktoren ab, die insbesondere die Randbedingungen des Betriebs betreffen. Neben der Wärmequellentemperatur, der Heizungsvorlauftemperatur und ihren Verläufen über die Nutzungsperiode 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 Sorptionswärmepumpenanlage 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 Sorptionswärmepumpenanlage, 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 Jahresheizzahl sind jedoch auch für abweichende Bedingungen möglich.

Wegen der bereits angesprochenen Problematik des unterschiedlichen und recht einflussreichen Nutzerverhaltens sind Vergleiche mit gemessenen Energieverbräuchen nur mit großen Vorbehalten möglich.

Diese Richtlinie gilt für monoenergetische Adsorptions-/Absorptions-Wärmepumpenanlagen für gasförmige Brennstoffe gemäß Arbeitsblatt DVGW G 260 zur Raumheizung und Warmwasserbereitung bis zu einer maximalen Brennstoffleistung (Wärmebelastung) von 70 kW. Als Wärmequellen werden Grundwasser, Erdreich (Erdwärmesonden), Luft und Solarstrahlung (solare Warmwasserbereitung, solare Heizungsunterstützung und solare Unterstützung der Umweltwärmequelle) betrachtet. Die bereitgestellte Wärme wird an eine Warmwasser-Zentralheizung (Wärmesenke) abgegeben. Gas-Sorptionswärmepumpenanlagen mit Zusatzheizmodul werden von dieser Richtlinie nur erfasst, wenn sie konstruktiv als Baueinheit und von außen nicht mehr als separate Feuerstätten erkennbar in Verkehr gebracht werden.

energy ratios and the annual gas utilisation efficiencies of sorption heat pump systems falling within the scope of this guideline.

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 period of use, 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 sorption heat pump system. Measurements of systems do yield actual consumptions within 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 sorption heat pump system, i.e., of the appliance and the associated peripheral equipment, are therefore particularly important to provide guidance to all parties 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 annual heating energy ratio even under deviating conditions.

The varying, and quite influential, user behaviour being a problem as mentioned above, comparisons to measured energy consumptions can only be made with great reservations.

This guideline applies to mono-energetic adsorption/absorption heat pump systems for gaseous fuels as per worksheet DVGW G 260, intended for space and DHW heating, up to a maximum fuel input (thermal load) of 70 kW. Heat sources considered are groundwater, earth (borehole heat exchangers (BHE)), air and solar radiation (solar DHW heating, solar backup heating and solar backup for the ambient-heat source). The heat is delivered to a water-based central heating system (heat sink). Gas sorption heat pump systems with additional heater only fall within the scope of this guideline if marketed as one constructional unit where the separate heat-producing appliances cannot be recognised from the outside.