ICS 91.140.65; 27.160

VDI-RICHTLINIEN

September 2004

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Solare Trinkwassererwärmung

Allgemeine Grundlagen, Systemtechnik und Anwendung im Wohnungsbau

Solar heating for domestic water

General principles, system technology and use in residential building

VDI 6002

Blatt 1/ Part 1

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.

Frühere Ausgabe: 06.03 Entwurf, deutsch
Former edition: 06/03 draft, in German only

Zu beziehen durch / Available from Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2004

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

Inhalt Seite

Vorbemerkungen 3
1 Geltungsbereich und Zweck 4
2 Verwendete Begriffe und Definitionen 4
2.1 Systemschema mit wichtigen Komponenten 4
2.2 Weitere Begriffe und Definitionen. 4
3 Solares Angebot und Umwandlung der Solarstrahlung in Wärme 8
3.1 Solares Angebot 8
3.2 Solarkollektoren 11
3.2.1 Funktionsprinzip 11
3.2.2 Kollektorbauarten. 11
3.2.3 Kollektorwirkungsgrad, -kennlinien und -kennwerte 12
4 Systemtechnik und Komponentenauslegung 17
4.1 Auswahlkriterien für ein Solarsystem . . . 17
4.2 Systemtechnik 18
4.2.1 Grundlegende Systemvarianten . . 18
4.2.2 Anlagenschaltungen in der Praxis . 18
4.2.3 Nachheizsysteme 22
4.3 Grundsätze der System- und Komponentenauslegung 22
4.3.1 Grundlegende Unterschiede bei der Auslegung von konventionellen Energiesystemen und von Solaranlagen 22
4.3.2 Voraussetzungen für die Auslegung 23
4.3.3 Jahres-Bedarfsprofil 23
4.3.4 Verbrauchsmessung. 26
4.4 Kollektorfeld. 27
4.4.1 Auslegung 27
4.4.2 Aufbau des Kollektorfeldes 29

Contents Page

Preliminary note 3
1 Scope and application 4
2 Terms and definitions used 4
2.1 System schematic with essential components 4
2.2 Further terms and definitions 4
3 Solar supply and conversion of solar radiation into heat 8
3.1 Solar supply 8
3.2 Solar collectors 11
3.2.1 Functional principle 11
3.2.2 Types of solar collectors 11
3.2.3 Efficiency, characteristic curves and characteristic values of solar collectors 12
4 System technology and component design 17
4.1 Selection criteria for a solar power system 17
4.2 System technology 18
4.2.1 Basic system variants 18
4.2.2 System operations in practice . . . 18
4.2.3 Reheating systems 22
4.3 Principles of system and component design 22
4.3.1 Fundamental differences in the design of conventional energy systems and solar power systems 22
4.3.2 Prerequisites for the design 23
4.3.3 Annual demand profile. 23
4.3.4 Measuremetn of consumption . . . 26
4.4 Collector field 27
4.4.1 Design 27
4.4.2 Construction of the collector field . 29

VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung (TGA)

VDI-Handbuch Technische Gebäudeausrüstung, Band 3: Sanitärtechnik
VDI-Handbuch Technische Gebäudeausrüstung, Band 4: Wärme-/Heiztechnik
VDI-Handbuch Umwelttechnik

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2004

Seite

4.4.3 Durchströmung des Kollektorfeldes 32
4.4.4 Entlüftung des Kollektorkreises . . 34
4.5 Solarspeicher 37
4.5.1 Grundlegende Anforderungen . . . 37
4.5.2 Auslegung 37
4.6 Wärmeübertrager 41
4.6.1 Grundlegende Anforderungen . . . 41
4.6.2 Bauformen 41
4.6.3 Auslegung 41
4.7 Rohrleitungssystem im Kollektorkreis . . 46
4.7.1 Grundlegende Anforderungen . . . 46
4.7.2 Auslegung 46
4.7.3 Wärmedämmung 48
4.8 Pumpen 48
4.8.1 Grundlegende Anforderungen . . . 49
4.8.2 Auslegung 49
4.9 Sicherheitseinrichtungen 50
4.9.1 Grundlegende Anforderungen . . . 50
4.9.2 Eigensicherheit 51
4.9.3 Auslegung des Membran-Ausdehnungsgefäßes (MAG) . . . 52
4.9.4 Auslegung des Sicherheitsventils SV 53
4.10 Wärmeträger im Kollektorkreis 58
4.11 Regelung 60

5 Wirtschaftlichkeit 61
5.1 Simulationssoftware zur Ertragsberechnung 62
5.2 Kosten der solaren Nutzwärme 63
5.3 Umweltverträglichkeit 68

6 Abnahme, Instandhaltung, Betrieb 70
6.1 Inbetriebnahme, Abnahme und Instandhaltung 70
6.2 Funktions- und Ertragskontrolle im Betrieb 71
6.2.1 Prinzipien der Funktions- und Ertragskontrolle 71
6.2.2 Garantierter solarer Ertrag 73

Schrifttum 74

Anhang A Datenblatt für Herstellerangaben zum Kollektor.. 77

Anhang B Beispielrechnung für die Systemauslegung (gute Flachkollektoren) 79

Anhang C Beispiel für die Auslegung des Membranausdehnungsgefäßes im Kollektorkreis 81

Anhang D Profile des Warmwasserbedarfs. . . . 83

Anhang E Berechnungsbeispiel für Kosten der solaren Nutzwärme 87

Anhang F Musterformular zur Systemüberprüfung bei der Inbetriebnahme . . . 89

Page

4.4.3 Throughflow of the collector field 32
4.4.4 Venting of the collector loop . . . 34
4.5 Solar storage tanks 37
4.5.1 Basic requirements 37
4.5.2 Design 37
4.6 Heat transformers 41
4.6.1 Basic requirements 41
4.6.2 Types. 41
4.6.3 Design 41
4.7 Piping system in the collector loop 46
4.7.1 Basic requirements 46
4.7.2 Design 46
4.7.3 Thermal insulation. 48
4.8 Pumps 48
4.8.1 Basic requirements 49
4.8.2 Design 49
4.9 Safety devices. 50
4.9.1 Basic requirements 50
4.9.2 Intrinsic safety 51
4.9.3 Design of the diaphragm-type expansion tank 52
4.9.4 Design of the safety valve 53

4.10 Heat transfer fluid in the collector loop. . 58
4.11 Closed-loop control 60

5 Economic efficiency 61
5.1 Simulation software for calculating the solar gain 62
5.2 Costs of usable solar heat 63
5.3 Environmental compatibility 68

6 Acceptance, maintenance, operation 70
6.1 Commissioning, acceptance and maintenance. 70
6.2 Functional and solar heat gain test during operation 71
6.2.1 Principles for testing the function and solar heat gain 71
6.2.2 Guaranteed solar gain 73

Bibliography 74

Annex A Data sheet for manufacturer data about the collector 78

Annex B Sample calculation for the system design (good flat plate collectors). . . . 80

Annex C Example for the design of the diaphragm-type expansion tank in the collector loop 82

Annex D Profile of the hot water demand. 83

Annex E Example calculation for the costs of usable solar heat 88

Annex F Sample form for checking the system during commissioning. 90

Vorbemerkungen

Die verstärkte Nutzung regenerativer Energien ist eine Notwendigkeit, wenn unser Energiebedarf ressourcenschonend und emissionsarm bei heutigem Lebensstandard gedeckt werden soll. Für die Sanitärtechnik und konkret für die Erwärmung von Trinkwasser bedeutet dies, dass die Solarenergienutzung einen zunehmend höheren Stellenwert bekommt.

Bei der Auslegung einer Solaranlage müssen der planend und beratend tätige Fachingenieur, das Installationsunternehmen und auch der Architekt fundierte technische Unterlagen zur Verfügung haben. Hier hilft die Richtlinie VDI 6002 und gibt Hinweise, auf welche Probleme und Besonderheiten bei thermischen Solaranlagen besonders geachtet werden muss.

Die VDI-Richtlinie ermöglicht eine fabrikatsneutrale Auslegung von Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung.

Die Auslegung kann anhand der hier aufgeführten Richtwerte erfolgen und mit entsprechender Simulationssoftware im Detail überprüft und optimiert werden.

Neben der richtigen Auslegung des Gesamtsystems sind unbedingt auch die Besonderheiten der einzelnen Komponenten, das Thema Trinkwasserhygiene und die Hinweise zu Inbetriebnahme, Abnahme, Wartung und Funktionskontrolle zu beachten.

Da die Auslegung einer Solaranlage sehr stark von der Art ihrer Nutzung abhängig ist, beschränkt sich diese Richtlinie in einem ersten Blatt zunächst auf den heute noch überwiegenden Einsatz von thermischen Solarsystemen zur Trinkwassererwärmung im Wohnungsbau, einem der Hauptnutzungsbereiche für Solaranlagen. Zudem liegen für derartige Systeme langjährige Erfahrungen vor.

Allen ehrenamtlichen Mitgliedern sei auf diesem Wege gedankt.

Alle Rechte vorbehalten, auch das des Nachdruckes, der Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie), der Speicherung auf elektronischen Datenträgern oder in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, auszugsweise oder vollständig. Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie als konkrete Arbeitsunterlage ist unter Wahrung des Urheberrechtes z. B. durch Kopieren auf speziellem Kopierpapier des VDI möglich. Auskünfte dazu, auch z. B. zur Nutzung im Wege der Datenverarbeitung, erteilt die Abteilung VDI-Richtlinien im VDI.

Preliminary note

The intensified use of energy from regenerative sources is a necessity if our energy demand at today's standard of living is to be met, while protecting resources and creating low emissions. For sanitation engineering and heating systems for domestic water, this means in more concrete terms that the use of solar energy is playing an increasingly important role.

When designing a solar power system, the specialist engineer involved in planning and consultation, the installation company and the architect must have sound technical documentation at their disposal. The guideline VDI 6002 helps in this regard and provides information about the problems and special features that must be taken into account in thermal solar power systems.

The VDI guideline enables solar heating systems for domestic water to be designed without dependence on any manufacturer.

The design can be carried out using the guidance values outlined here and then checked in detail and optimised using the appropriate simulation software.

Apart from the correct design of the complete system, the special features of the individual components, the hygiene of the potable water and information about commissioning, acceptance, maintenance and functional testing must be taken into account.

As the design of a solar power system is very heavily dependent on the type of usage, the first part of this guideline is restricted to the use of thermal solar power systems for heating domestic water in residential buildings which is still predominant today and is one of the main areas of application for solar power systems. There are many years of experience in these types of systems.

We wish to take this opportunity to thank all the honorary contributors to this guideline.

All rights reserved including reprinting, reproduction (photocopy, microfiche), storage on data processing equipment and translation, either in sections or in full. The use of this VDI guideline as a concrete working document is possible while safeguarding the copyright e. g. by copying it onto special VDI photocopy paper. The relevant information can be obtained from the department for VDI guidelines, such as its use in data processing.

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2004

1 Geltungsbereich und Zweck

Diese Richtlinie befasst sich intensiv mit der solaren Unterstützung bei der Trinkwarmwasserbereitung. Technisch wie wirtschaftlich kann es sinnvoll sein, neben dem Verbraucher „Trinkwarmwasserbereitung“ einen zweiten Verbraucher mit solarer Wärme aus einem einzigen Kollektorfeld zu versorgen. Das können z.B. sein:

- Raumheizung
- Raumluftkühlung
- Schwimmbeckenwassererwärmung in Hallenbädern

Behandelt werden schwerpunktmäßig Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung für Mehrfamilienhäuser mit Kollektorflächen von typischerweise mehr als 20 m^2. Die Aussagen und Ergebnisse sind in vielen Fällen übertragbar auf Ein- und Zweifamilienhäuser. Sofern für diese kleinen Anlagen besondere Bedingungen vorliegen, wird darauf hingewiesen.

Neben den Planungs- und Auslegungskriterien werden Hinweise zur Systemtechnik und Komponentenauswahl gegeben und die zu beachtenden Besonderheiten der Solartechnik beschrieben.

1 Scope and application

This guideline deals intensively with the assistance of solar power for the heating of domestic water. It can be advisable from both a technical and economic viewpoint to supply a second consumer with solar heat from a single collector field, in addition to the consumer for the “Heating of domestic water”. These consumers can be e.g.:

- space heating
- ambient air cooling
- heating of water in indoor swimming pools

The main topics covered are solar power systems for heating domestic water in multiple-family dwellings with collector surfaces that are typically more than 20 m^2. The statements and results can in many cases be transferred to single-family and two-family dwellings. If special conditions apply to these small systems, they are pointed out.

Apart from the planning and design criteria, information about the system technology and selection of components is also provided and the special features of solar technology which need to be observed are described.

2 Verwendete Begriffe und Definitionen

2.1 Systemschema mit wichtigen Komponenten

In Bild 1 ist ein großes Solarsystem mit seinen wichtigsten Komponenten dargestellt. Das System ist untergliedert in den Kollektorkreis, den Pufferkreis sowie das Verbrauchs- und Nachheizsystem. Die einzelnen Bauteile des Systems sind unter dem Schema aufgeführt. Einige Komponenten (z.B. Ventile, Rückschlagklappen) wurden der Übersichtlichkeit wegen in Bild 1 nicht eingezeichnet. Ihre Notwendigkeit ist im Einzelfall zu prüfen.

2 Terms and definitions used

2.1 System schematic with essential components

A large solar power system with its most important components is represented in Figure 1. The system is divided into the collector loop, the back-up circuit as well as the consumption and reheating system. The individual elements of the system are listed underneath the diagram. Some components (e.g. valves, non-return valves) are not drawn in Figure 1 for the sake of clarity. Their necessity must be checked in each individual case.

2.2 Weitere Begriffe und Definitionen

Absorber

Bauteil der Solaranlage, welches die Strahlungsenergie der Sonne absorbiert und in Form von Wärme an die Flüssigkeit des →Kollektorkreislaufs überträgt (Abschnitt 3.2)

Auslastung (spezifische Last)

Warmwasserverbrauch bzw. -bedarf im Gebäude (mit 60 °C) in Litern pro Tag und pro m^2 →Kollektorfläche

2.2 Further terms and definitions

Absorber

Component of the solar power system which absorbs the radiated energy from the sun and transfers it in the form of heat to the fluid of the →collector loop (Section 3.2)

Capacity utilisation (specific load)

Hot water consumption or demand in the building (at 60 °C) in litres per day and per m^2 of the →collector surface