

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

# Solarthermische Prozesswärme

## Solar thermal process heat

VDI 3988

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.*

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

<b>Inhalt</b>	Seite	<b>Contents</b>	Page
Vorbemerkung . . . . .	2	Preliminary note . . . . .	2
Einleitung . . . . .	2	Introduction . . . . .	2
<b>1 Anwendungsbereich . . . . .</b>	<b>5</b>	<b>1 Scope . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>2 Begriffe . . . . .</b>	<b>5</b>	<b>2 Terms and definitions . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>3 Formelzeichen und Abkürzungen . . . . .</b>	<b>10</b>	<b>3 Symbols and abbreviations . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>4 Potenziale und geeignete Anwendungsfelder</b>	<b>13</b>	<b>4 Potentials and suitable fields of application .</b>	<b>13</b>
<b>5 Grundlagenermittlung/Voruntersuchung . . . . .</b>	<b>18</b>	<b>5 Establishing the basis of a project/ preliminary investigation . . . . .</b>	<b>18</b>
5.1 Voraussetzungen zur Nutzung solarer Prozesswärme . . . . .	18	5.1 Prerequisites for the use of solar process heat . . . . .	18
5.2 Erfassung des energetischen Istzustands . . . . .	19	5.2 Assessment of energy status quo . . . . .	19
5.3 Örtliche Gegebenheiten und mögliche Einspeisepunkte . . . . .	20	5.3 Local conditions and possible feed-in points . . . . .	20
5.4 Checkliste zur Voruntersuchung . . . . .	23	5.4 Checklist for preliminary investigation. . . . .	23
<b>6 Vorplanung und Kostenabschätzung . . . . .</b>	<b>26</b>	<b>6 Preliminary design and cost estimation . . . . .</b>	<b>26</b>
6.1 Kollektorauswahl . . . . .	26	6.1 Collector selection . . . . .	26
6.2 Hydraulikkonzepte . . . . .	30	6.2 Hydraulic concepts . . . . .	30
6.3 Grobdimensionierung der thermischen Solaranlage . . . . .	38	6.3 Rough dimensioning of the solar thermal plant . . . . .	38
6.4 Kosten und Einsparungen . . . . .	47	6.4 Costs and savings . . . . .	47
<b>7 Entwurfsplanung und Kostenberechnung . . . . .</b>	<b>59</b>	<b>7 Final design and cost calculation . . . . .</b>	<b>59</b>
7.1 Ertragssimulation . . . . .	61	7.1 Yield simulation . . . . .	61
7.2 Kollektorfelddesign . . . . .	63	7.2 Collector array design . . . . .	63
7.3 Speicherbeladung und -dimensionierung . . . . .	75	7.3 Storage charging and storage dimensioning . . . . .	75
7.4 Speicherentladung und Einspeisung . . . . .	84	7.4 Storage discharge and feed-in . . . . .	84
7.5 Regelungskonzept . . . . .	87	7.5 Control concept . . . . .	87
7.6 Kostenberechnung . . . . .	88	7.6 Cost calculation . . . . .	88
<b>8 Hinweise zur Genehmigungsplanung . . . . .</b>	<b>90</b>	<b>8 Notes on building permission application . . . . .</b>	<b>90</b>
8.1 Bauordnungsrechtliche Hinweise . . . . .	90	8.1 Notes on building regulations . . . . .	90
8.2 Thermische Solaranlagen und das Bauproduktengesetz . . . . .	92	8.2 Solar thermal plants and the Construction Products Regulation . . . . .	92

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)

Fachbereich Energietechnik

VDI-Handbuch Energietechnik  
VDI-Handbuch Wärme/Heiztechnik

Inhalt	Seite
8.3 Thermische Solaranlagen und Betriebs-sicherheitsverordnung . . . . .	93
8.4 Thermische Solaranlagen und Statik . . . . .	93
8.5 Hinweise zum Umgang mit wasser-gefährdenden Stoffen . . . . .	93
<b>9 Hinweise zur Ausführungsplanung . . . . .</b>	<b>94</b>
<b>10 Hinweise zur Installation, Inbetriebnahme, Abnahme, Instandhaltung . . . . .</b>	<b>94</b>
<b>11 Mess- und regelungstechnische Anlagenüberwachung . . . . .</b>	<b>96</b>
<b>12 Besondere Anwendungsgebiete. . . . .</b>	<b>97</b>
12.1 Nah- und Fernwärme . . . . .	97
12.2 Hochtemperatursysteme . . . . .	99
12.3 Solare Prozesswärme mit Luftkollektoren . . . . .	101
12.4 Kälteerzeugung . . . . .	102
<b>Anhang A</b> Checkliste zur Voruntersuchung . . . . .	<b>106</b>
<b>Anhang B</b> Checkliste Entwurfsplanung . . . . .	<b>108</b>
<b>Anhang C</b> Checkliste Ausführungsplanung . . . . .	<b>109</b>
<b>Anhang D</b> Wirtschaftlichkeitsberechnung . . . . .	<b>110</b>
Schrifttum . . . . .	112
Benennungsindex englisch – deutsch . . . . .	114

**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 Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

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

**Einleitung**

Mehr als die Hälfte der in Deutschland eingesetzten Endenergie wird zur Wärmeerzeugung genutzt [1]. Neben der Warmwasserbereitstellung und Gebäudeheizung ist dabei die in Industrie und Gewerbe benötigte Prozesswärme von besonderer Relevanz.

Contents	Page
8.3 Solar thermal plants and the Regulation for operational safety . . . . .	93
8.4 Solar thermal plants and structural calculations . . . . .	93
8.5 Notes on the handling of water-hazardous substances. . . . .	93
<b>9 Notes on execution drawings . . . . .</b>	<b>94</b>
<b>10 Notes on installation, commissioning, acceptance, maintenance . . . . .</b>	<b>94</b>
<b>11 Instrumentation and control systems for plant monitoring . . . . .</b>	<b>96</b>
<b>12 Special fields of application . . . . .</b>	<b>97</b>
12.1 Local and district heating . . . . .	97
12.2 High-temperature systems. . . . .	99
12.3 Solar process heat with air collectors . . . . .	101
12.4 Cold generation . . . . .	102
<b>Annex A</b> Checklist for preliminary investigation	107
<b>Annex B</b> Checklist for final design. . . . .	108
<b>Annex C</b> Checklist for execution drawings . . . . .	109
<b>Annex D</b> Calculation of economic efficiency . . . . .	111
Bibliography . . . . .	112
Term index English – German. . . . .	114

**Preliminary note**

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

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

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)) specified in the VDI Notices.

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

**Introduction**

More than half of the final energy consumed in Germany is used to generate heat [1]. In addition to the supply of hot water and the heating of buildings, the process heat required in industry and trade has special relevance.

Da zukünftig ein großer Teil des Endenergieverbrauchs von erneuerbaren Energien gedeckt werden muss, ist vor allem der Ausbau erneuerbarer Energien im Wärmemarkt entscheidend für das Gelingen der Energiewende. Während der Anteil regenerativer Stromerzeugung kontinuierlich wächst, stagniert die „Wärmewende“ seit Jahren auf niedrigem Niveau. Derzeit werden nur 13,2 % [2] des Endenergiebedarfs für Wärme regenerativ gedeckt. In Deutschland wird die regenerative Wärmebereitstellung dabei traditionell von biogenen Brennstoffen (Holz) dominiert. Deren Zubaupotenzial gilt jedoch als sehr begrenzt. Damit kommt anderen regenerativen Technologien mit deutlich höherem Zubaupotenzial, wie Solar- und Geothermie sowie der Nutzung von Umweltwärme, eine besondere Bedeutung zu.

Neben der klassischen Nutzung thermischer Solarenergie zur Trinkwassererwärmung im Wohnungsbau gibt es eine Vielzahl weiterer Anwendungsmöglichkeiten. Dazu gehören die Raumheizungsunterstützung und die Trinkwassererwärmung in Industrie und Gewerbe, die Bereitstellung von Prozesswärme zur Herstellung, Weiterverarbeitung oder Veredelung von Produkten oder zur Erbringung von Dienstleistungen sowie die solarthermische Unterstützung von Nah- und Fernwärmenetzen oder Klimatisierungsanwendungen.

Bei einigen dieser Anwendungen tritt die thermische Solarenergie in Konkurrenz zu anderen Technologien, wie Wärmepumpen oder Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Allerdings lassen sich diese im Sinne einer zukünftigen effizienten und regenerativen Wärmebereitstellung auch sinnvoll kombinieren.

Um zukünftig einen hohen Anteil erneuerbarer Energien bei der Wärmebereitstellung erzielen zu können, spielt vor allem die Verbrauchsreduktion eine entscheidende Rolle. Daher sind auch immer alle Möglichkeiten zur Wärmerückgewinnung und Energieeffizienzsteigerung einzubeziehen. Der dann noch verbleibende Wärmebedarf ist effizient und regenerativ zu decken.

Neben den wirtschaftlichen Vorteilen der Nutzung von Solarwärme, die mit steigenden fossilen Energiekosten zunehmen, gibt es weitere Vorteile, wie die Reduktion von Treibhausgasemissionen. Die Verringerung des „Carbon Footprint“ eines Produkts oder des gesamten Betriebs oder der Handel mit Emissionszertifikaten können daher zusätzliche Gründe für die Investition in eine Solarthermieanlage sein. Derartige Maßnahmen lassen sich auch direkt wirtschaftlich quantifizieren, sofern die zukünftige Entwicklung des Emissionshandels dies zulässt. Damit würde die Wirtschaftlichkeit einer Investition in solare Prozesswärme weiter erhöht.

As final energy consumption must be covered to a large extent in future by renewable energy sources, above all the development of renewable energies in the heating market is crucial to the success of the transition to sustainable energy. While the share of renewable power generation is growing steadily, the transition to sustainable heating has been stagnating at low levels for years. Currently, only 13,2 % [2] of the final energy required for heating is covered by renewables. In Germany, the provision of renewable heat traditionally is dominated by biogenic fuels (wood). However, the growth potential in this area is considered to be very limited. And so other regenerative technologies with appreciably greater potential for expansion, such as solar thermal energy and geothermal energy, and the use of ambient heat, acquire special importance.

Apart from the classic application of thermal solar energy to domestic hot water production in the housing sector, there are a great many other possible applications. This includes space (room) heating support and potable water heating in industry and trade, the supply of process heat for the manufacture, processing and finishing of products or the provision of services, as well as solar thermal support for local and district heating networks or air conditioning applications.

In some of these applications, solar thermal energy competes with other technologies such as heat pumps or combined heat and power (CHP) plants. On the other hand, these also can be combined in a meaningful way for purposes of a future efficient and regenerative heat supply.

In order to attain a high percentage of renewables in heat supply in future, in particular the reduction of consumption plays a decisive role. For this reason, all options for heat recovery and improvement of energy efficiency always also have to be taken into account. The remaining heat requirements then must be met efficiently and by regenerative means.

Apart from the economic benefits of the use of solar heat, which increase as the cost of fossil energy rises, there are further advantages such as the reduction of greenhouse gas emissions. The reduction of the carbon footprint of a product, or an entire enterprise, or emission certificate trading therefore can be additional reasons for investing in a solar thermal plant. Such measures also can be directly quantified in economic terms, insofar as the future development of emissions trading permits this. This would further increase the profitability of an investment in solar process heat.

Ein wesentlicher Vorteil von Solarthermie liegt in der hohen Nutzungsdauer der Komponenten – in der Regel sind mindestens 20 bis 25 Jahre erreichbar. Eine Investition in diese Wärmeerzeugungstechnologie kann daher wie eine in die Gebäude- oder Versorgungstechnik gerechnet werden. Es müssen keine kurzen Amortisationszeiten von wenigen Jahren, wie etwa bei Energieeffizienztechnologien, erreicht werden.

Je nach Anlagenkonfiguration und -dimensionierung erzielen thermische Solaranlagen Wärmegestehungskosten von unter fünf €-Cent je kWh. Sie können damit bereits heute günstiger als Öl- und Gaskessel sein. Als weiterer Vorteil sei hervorzuheben, dass die solaren Wärmepreise über die Anlagennutzungsdauer von 20 bis 25 Jahren konstant bleiben.

Die Struktur dieser Richtlinie orientiert sich an den Vorgaben der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI), die unterschiedliche Planungsstufen unterscheidet.

Diese werden wie folgt aufgegriffen:

- Abschnitt 4 zeigt einleitend die solarthermischen Potenziale und Anwendungsfelder auf.
- Abschnitt 5 behandelt die Grundlagenermittlung (Voruntersuchung) und nennt bevorzugte Einsatzmöglichkeiten sowie Ausschlusskriterien.
- Abschnitt 6 bietet bei positiver Beurteilung der Voruntersuchung die Möglichkeit einer Vorplanung auf Basis einfacher Berechnungsansätze. Dabei werden Hinweise zur Kollektorauswahl, zur richtigen hydraulischen Einbindung sowie zur Grobdimensionierung von Kollektorfeld und Speichervolumen gegeben. Über die Abschätzung des voraussichtlichen solaren Nutzwärmeertrags kann eine erste Kostenschätzung vorgenommen werden.
- Abschnitt 7 behandelt die Entwurfsplanung vom Kollektorfeld, den Speichern und vom Kollektorkreis sowie technische Lösungsansätze zur Einspeisung in das vorhandene Wärmeversorgungssystem. Eine detaillierte dynamische Investitionsrechnung hilft bei der Berechnung der solaren Wärmegestehungskosten.
- Abschnitt 8 bis Abschnitt 11 ergänzen die Richtlinie um Hinweise zur Genehmigungsplanung, zur Ausführungsplanung, zur Installation, Inbetriebnahme, Abnahme und Instandhaltung sowie schließlich zur Anlagenüberwachung.
- Abschnitt 12 gibt ergänzende Hinweise für besondere Anwendungsgebiete.

An essential advantage of solar thermal energy is the long useful life of the components – as a rule, at least 20 to 25 years are attainable. An investment in this heat generation technology therefore can be calculated the same as an investment in building equipment or utility supply technology. It is not necessary to achieve short payback periods of a few years, as, for example, in the case of energy efficiency technologies.

Depending on plant configuration and size, solar thermal plants make production costs of less than five euro-cents per kWh possible. They thus can be more advantageous than oil-fired or gas-fired boilers even today. A further advantage that can be cited is that the solar heat prices remain constant over the plant's useful life of 20 to 25 years.

This standard is structured to reflect the requirements of the HOAI (Fee Structure for Architects and Engineers), which distinguishes between different planning stages.

These are taken up as follows:

- Section 4 points out by way of introduction the potentials and the fields of application of solar thermal energy.
- Section 5 deals with establishing the basis of the project (preliminary investigation) and designates preferred applications and exclusionary criteria.
- Section 6 offers the possibility of preliminary design on the basis of simple calculation models, provided the assessment reached in the preliminary investigation is positive. Information about collector selection, proper hydraulic integration, and the rough dimensioning of the collector array and storage volume is provided. An initial cost estimate can be made based on the probable useful solar heat yield.
- Section 7 deals with the final design of the collector array, the storage units, and the collector loop as well as with possible technical solutions for feed-in into the existing heat supply system. A detailed dynamic estimate of capital expenditure helps to calculate the solar heat production costs.
- Section 8 to Section 11 add remarks on building permission application, on execution drawings, on installation, commissioning, acceptance, and maintenance, and finally on plant monitoring.
- Section 12 provides supplementary information for special fields of application.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie beschreibt Solarthermieanlagen zur Bereitstellung von Prozesswärme für Anwendungen und Prozesse im industriellen, gewerblichen, landwirtschaftlichen und Dienstleistungsbereich.

Die Aussagen und Ergebnisse gelten jedoch grundsätzlich auch für

- Solarthermieanlagen zur Heizungsunterstützung in Gebäuden,
- Solaranlagen zur Einspeisung in Nah- und Fernwärmenetze und
- Anlagen mit konzentrierenden Kollektoren und Anlagen mit Luftkollektoren.

Sofern für diese Anlagen besondere Bedingungen vorliegen, wird darauf hingewiesen.

Neben den Planungs- und Auslegungskriterien werden in der Richtlinie Hinweise zur Systemtechnik und zur Komponentenauswahl gegeben.

Diese Richtlinie ergänzt somit die Richtlinienreihe VDI 6002 zur Planung und Bemessung von Solarthermieanlagen. VDI 6002 Blatt 1 enthält die allgemeinen Grundlagen der Solarthermie, die Systemtechnik und Anwendungsempfehlungen zur solaren Trinkwassererwärmung im Wohnungsbau. VDI 6002 Blatt 2 gibt Planungs- und Bemessungsregeln zur solaren Trinkwassererwärmung in Studentenwohnheimen, Seniorenheimen, Krankenhäusern, Hallenbädern und auf Campingplätzen.

## 1 Scope

This standard describes solar thermal plants for the provision of process heat for applications and processes in the industrial sector, trade, agriculture, and the services sector.

However, the statements and results apply fundamentally also to

- solar thermal plants to support heating systems in buildings,
- solar plants with feed-in into local and district heating networks, and
- plants with concentrating collectors and plants with solar air collectors.

Should special conditions apply to these plants, this will be indicated.

In addition to planning and design criteria, the standard provides information about system technology and component selection.

This standard thus supplements the series of standards VDI 6002 on the planning and design of solar thermal plants. VDI 6002 Part 1 contains the basic principles of solar thermal energy, system technology, and recommendations for solar heating of potable water in residential buildings. VDI 6002 Part 2 provides rules for planning and designing systems for solar heating of potable water in student accommodations, senior citizens' residences, hospitals, swimming baths and camping sites.