

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Thermische Nutzung des Untergrunds
Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen

VDI 4640

Blatt 2 / Part 2

Thermal use of the underground
Ground source heat pump systems

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.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
Einleitung	3	Introduction	3
1 Anwendungsbereich	4	1 Scope	4
2 Normative Verweise	4	2 Normative references	4
3 Begriffe	4	3 Terms and definitions	4
4 Formelzeichen und Abkürzungen	5	4 Symbols and abbreviations	5
5 Thermische Nutzung des Grundwassers mit Brunnenanlagen	7	5 Thermal use of groundwater with well systems	7
5.1 Auslegung	7	5.1 Design	7
5.2 Errichtung und Inbetriebnahme der Anlage	13	5.2 Construction and commissioning of the system.	13
6 Nutzung des oberflächennahen Untergrunds mit Erdwärmekollektoren	19	6 Use of the shallow underground using ground heat collectors	19
6.1 Auslegung horizontaler Erdwärmekollektoren	20	6.1 Design of horizontal ground heat collectors	20
6.2 Installation	22	6.2 Installation.	22
7 Nutzung des Untergrunds mit Erdwärmesonden	25	7 Use of the underground with borehole heat exchangers	25
7.1 Thermische Auslegung.	27	7.1 Thermal design	27
7.2 Hydraulische Auslegung von Erdwärmesondenanlagen	38	7.2 Hydraulic design of borehole heat exchanger systems.	38
7.3 Installation/Errichtung der Anlage.	42	7.3 Installation/construction of system	42
8 Besonderheiten von Anlagen mit Direktverdampfung	61	8 Special features of systems with direct expansion	61
8.1 Auslegung	61	8.1 Design	61
8.2 Installation	62	8.2 Installation.	62
8.3 Inbetriebnahme.	63	8.3 Commissioning	63
9 Besonderheiten weiterer Wärmequellenanlagen/Wärmesenkenanlagen	64	9 Characteristics of other heat source systems/heat sink systems	64
9.1 Gründungspfähle als Wärmeträger – Energiepfähle.	64	9.1 Foundation piles as heat exchangers – energy piles	64
9.2 Erdberührte Betonbauteile als Wärmeüberträger.	67	9.2 Ground-contact concrete elements as heat exchangers.	67
9.3 Geothermie in Tunnelbauwerken	68	9.3 Geothermal energy in tunnels.	68
9.4 Kompakte Erdwärmekollektoren	70	9.4 Compact ground heat exchangers.	70
9.5 Speichersonden.	73	9.5 Storage-type borehole heat exchangers	73

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)

Fachbereich Energietechnik

VDI-Handbuch Energietechnik
VDI-Handbuch Wärme-/Heiztechnik

Inhalt	Seite
10 Systemeinbindung	74
10.1 Verteiler und Sammler.	75
10.2 Armaturen und Pumpen.	75
10.3 Anschlussleitungen zwischen Verteiler und Wärmepumpe	75
10.4 Dimensionierung der Rohrleitungen und Pumpen	75
11 Wärmenutzungsanlagen	76
11.1 Erdgekoppelte Wärmepumpe	76
11.2 Betriebsweisen von Wärmepumpen	76
11.3 Bauaustrocknung	81
11.4 Austausch von Wärmepumpen	81
12 Materialien für Wärmequellenanlagen	82
12.1 Materialeigenschaften polymerer Werkstoffe.82	
12.2 Materialeigenschaften nicht polymerer Materialien.	84
13 Verhalten in Störfällen und Rückbau erdgekoppelter Wärmepumpenanlagen	86
13.1 Verhalten in Störfällen.	86
13.2 Rückbau der Wärmepumpe	87
13.3 Rückbau der Wärmequellenanlage	87
Anhang A Auslegungstabellen für Erdwärmekollektoren.	88
Anhang B Auslegungstabellen für Erdwärme- sonden	100
Anhang C Druckverlustdiagramme	118
Anhang D Verfüllung von Erdwärmesonden (Beispiel für Verfüllprotokoll)	119
Anhang E Randbedingungen für Prüfverfahren zur Bestimmung des Einflusses von Verfüllbaustoffen bei Frost-Tau-Wechseln.	121
Anhang F Weitere Wärmequellen/Wärmesenken	122
Schrifttum.	135

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), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

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

Contents	Page
10 System integration	74
10.1 Manifolds and headers	75
10.2 Fittings and pumps	75
10.3 Connecting pipes between manifold and heat pump	75
10.4 Dimensioning of pipes and pumps.	75
11 Heat utilisation systems	76
11.1 Ground source heat pump	76
11.2 Operating modes of heat pumps	76
11.3 Building drying.	81
11.4 Heat pump replacement	81
12 Materials for heat source systems	82
12.1 Properties of polymer materials	82
12.2 Properties of non-polymer materials	84
13 What to do in case of disruptions – Removal of ground source heat pump systems	86
13.1 What to do in case of disruptions	86
13.2 Removal of heat pump	87
13.3 Removal of heat source system	87
Annex A Design tables for ground heat collectors	88
Annex B Design tables for borehole heat exchangers	100
Annex C Pressure loss diagrams	118
Annex D Grouting of borehole heat exchangers (sample grouting report)	120
Annex E Boundary conditions for test procedures to determine the behaviour of grouting materials subject to freezing-thawing-cycles	121
Annex F Other heat sources/heat sinks	122
Bibliography.	135

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 systems 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 specified (www.vdi.de/richtlinien) in the VDI Notices.

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

Einleitung

Der Untergrund kann als Wärmequelle, Wärmesenke und thermischer Energiespeicher genutzt werden. Er ist wegen des großen erschließbaren Volumens und des gleichmäßigen Temperaturniveaus für viele Anwendungen gut geeignet.

Wärme aus dem Untergrund wird über horizontale, schräge oder vertikale Wärmeübertrager oder aus gefördertem Grundwasser gewonnen und (meist über Wärmepumpen) zur Wärmeversorgung eingesetzt. Derartige Wärmepumpenanlagen können neben der Wärmebereitstellung auch für die Kühlung verwendet werden. Die direkte Kühlung aus dem Untergrund ohne Einsatz einer Wärmepumpe im Sommer ist energetisch besonders günstig.

Erdgekoppelte Wärmepumpen haben in Nordamerika und in Europa eine große Verbreitung erlangt und stellen heute eine bewährte Technik dar. Grund dafür ist, dass die erdgekoppelte Wärmepumpe bezüglich des Primärenergiebedarfs beim gegenwärtigen Stand der Technik mit realisierbaren Einsparungen von bis zu 60 % gegenüber dem Ölkessel und bis zu 40 % im Vergleich zum Gasbrennwertkessel die effizientere Technik darstellt. Des Weiteren entstehen durch den Einsatz der Elektrowärmepumpen im Gegensatz zur Öl- und Gasheizung die Schadstoffemissionen nicht vor Ort, sondern im Wesentlichen in modernen, mit aufwendigen Abgasreinigungsanlagen ausgerüsteten Kraftwerken oder die Stromerzeugung erfolgt ohne Emissionen durch erneuerbare Energien. Dadurch wird ein wesentlicher Beitrag zur Senkung der Immissionen in dicht bebauten Wohngebieten geleistet.

Der Untergrund kann auch als thermischer Speicher zur Wärme- und Kälteversorgung eines Gebäudes dienen. Wärme aus regenerativen Quellen (Solarthermie, Erdwärme und ähnliche) oder Abwärme, die sonst nicht mehr genutzt werden kann, kann gespeichert und später verwendet werden. Das Gleiche ist auch mit Umweltkälte möglich, die für Kühlanwendungen gespeichert werden kann. Schließlich sind auch Puffer- oder Redundanzspeicher in der Fernwärmeversorgung oder für Industrieprozesse möglich. Unterirdische thermische Energiespeicherung eignet sich besonders für die Speicherung größerer Wärme- oder Kältemengen über längere Zeiträume.

Die Richtlinienreihe VDI 4640 besteht aus folgenden Blättern:

Blatt 1 Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte

Blatt 2 Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen

Blatt 3 Unterirdische thermische Energiespeicher

Introduction

The underground can be utilised as a heat source, a heat sink, and a thermal energy reservoir. Due to the large volumes available and the uniform temperature level it is well suited for many applications.

Heat from the underground is obtained via horizontal, graded, or vertical heat exchangers, or from pumped groundwater, and is used for heat supply (mostly via heat pumps). Apart from providing heat, such heat pump systems also can be used for cooling. Direct cooling from the underground during the summer without application of a heat pump is particularly energy-efficient.

Ground source heat pumps are widespread in North America and in Europe, and are a proven technology today. The reason is that ground source heat pumps represent more efficient technology with regard to primary energy requirements, given the current state of the art, with achievable savings of up to 60 % compared with oil-fired boilers and up to 40 % compared with gas condensing boilers. Moreover, the use of electric heat pumps, in contrast to oil and gas heating, means that pollutant emissions do not occur in situ but mostly in modern power stations equipped with advanced exhaust gas purification systems, or the electricity is produced without emissions using renewable sources of energy. This makes a considerable contribution towards the reduction of emissions in densely populated residential areas.

The underground can also serve as a thermal reservoir to supply heat or cold to a building. Heat from renewable sources (solar thermal energy, geothermal energy, and the like) and waste heat that otherwise would be lost can be stored and used later. The same is possible for environmental cold, which can be stored for cooling applications. Finally, buffer or redundancy storage facilities in district heating systems or for industrial processes also are possible. Underground thermal energy storage is especially suitable for storing larger quantities of heat or cold over longer periods of time.

The series of standards VDI 4640 consists of following parts:

Part 1 Fundamentals, approvals, fundamental aspects

Part 2 Ground source heat pump systems

Part 3 Underground thermal energy storage

Blatt 4 Direkte Nutzungen

Blatt 5 Thermal-Response-Test

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/4640.

1 Anwendungsbereich

In der Richtlinie werden Auslegung und Installation folgender Anwendungsfälle betrachtet: Wärmepumpenanlagen (WP-Anlagen) mit Nutzung des Grundwassers durch Brunnenanlagen, WP-Anlagen mit Nutzung des Untergrunds durch Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden sowie Anlagen mit Direktverdampfung. Weitere Wärmequellenanlagen, wie Energiepfähle, Erdwärmekörbe, erdberührte Betonbauteile oder Tunnelbauwerke als Wärmeübertrager, kompakte Erdwärmekollektoren und Speichersonden, werden ebenfalls in der Richtlinie behandelt.

Die Systembetrachtung der kompletten Anlage (Anschluss Wärmepumpenverteiler, Armaturen und Pumpen, Heizsysteme, Pufferspeicher, Steuerung und Trinkwassererwärmung) behandelt Aspekte, die bei der Dimensionierung und Installation des Gesamtsystems beachtet werden müssen.

Die Richtlinie wendet sich an planende und ausführende Unternehmen, an Komponentenhersteller (z. B. für Wärmepumpen, Erdwärmekollektoren oder -sonden, Verfüllbaustoffe), an Genehmigungsbehörden, an Energieberater und an Fachausbilder.

2 Normative Verweise

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 4640 Blatt 1:2010-06 Thermische Nutzung des Untergrunds; Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte

Part 4 Direct uses

Part 5 Thermal response test

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the internet at www.vdi.de/4640.

1 Scope

In this standard, the design and installation of the following applications are considered: heat pump systems using groundwater from well systems, heat pump systems utilising the underground by means of ground heat collectors and borehole heat exchangers, as well as systems with direct expansion. Other heat source systems such as energy piles, geothermal baskets, ground-contact concrete elements or tunnels as heat exchangers, compact ground heat collectors and storage-type heat exchangers, also are dealt with in this standard.

The analysis of the complete system (connection of heat pump manifold, fittings and pumps, heating systems, buffer storage systems, controls, and domestic hot water production) deals with aspects that must be taken into account in dimensioning and installing the overall system.

This standard is addressed to planning and construction companies, component manufacturers (e.g. for heat pumps, ground heat collectors or borehole heat exchangers, grouting materials), licensing authorities, energy consultants, and technical training organisations.

2 Normative references

The following referenced document is indispensable for the application of this standard:

VDI 4640 Part 1:2010-06 Thermal use of the underground; Fundamentals, approvals, environmental aspects