ICS 27.080

VDI-RICHTLINIEN

September 2004

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Thermische Nutzung des Untergrundes
Direkte Nutzungen

Thermal use of the underground
Direct uses

VDI 4640

Blatt 4 / Part 4

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

Vorbemerkung 2

1 Geltungsbereich 3

2 Abkürzungen und Definitionen 4
2.1 Abkürzungen 4
2.2 Formelzeichen und Indizes 5
2.3 Definitionen für Luft-Erdwärmetauscher . 5

3 Direkte thermische Nutzung des Grundwassers 6
3.1 Systembeschreibung 6
3.2 Umwelteinfluss und besondere wasserwirtschaftliche und wasserrechtliche Aspekte 8
3.2.1 Umweltauswirkungen 8
3.2.2 Wasserwirtschaftliche Zielsetzungen . 9
3.2.3 Wasserrechtliche Aspekte 10
3.3 Auslegung 10
3.3.1 Hydraulische Parameter 10
3.3.2 Hydrochemische Parameter 11
3.3.3 Installation 11
3.3.4 Rückbau 12

4 Direkte thermische Nutzung des Untergrunds mit Erdwärmesonden, Energiepfählen etc. . . 12
4.1 Systembeschreibung 12
4.2 Umweltaspekte und wasserrechtliche Fragestellungen 14
4.3 Bau und Installation inklusive Rückbau . . 14

5 Lufterwärmung/-kühlung im Untergrund . . . 16
5.1 Systembeschreibung 17
5.2 Umweltaspekte 18
5.3 Lufthygiene 20

Contents Page

Preliminary note 2

1 Scope 3

2 Abbreviations and definitions 4
2.1 Abbreviations 4
2.2 Symbols and subscripts 5
2.3 Definitions for earth-air heat exchangers . 5

3 Direct thermal use of ground water 6
3.1 System description 6
3.2 Environmental influence and special aspects relating to water management and water legislation 8
3.2.1 Environmental effects 8
3.2.2 Water management objectives 9
3.2.3 Water legislation aspects 10
3.3 Design 10
3.3.1 Hydraulic parameters 10
3.3.2 Hydrochemical parameters 11
3.3.3 Installation 11
3.3.4 Dismantling 12

4 Direct thermal use of the underground with borehole heat exchangers, energy piles, etc. 12
4.1 System description 12
4.2 Environmental aspects and questions relating to water legislation 14
4.3 Construction and installation including dismantling 14

5 Air heating or cooling in the underground . 16
5.1 System description 17
5.2 Environmental aspects 18
5.3 Air hygiene 20

VDI-Gesellschaft Energietechnik

Fachauschuss „Regenerative Energien“ (FA-RE)

VDI-Handbuch Energietechnik

Frühere Ausgabe: 12.02 Entwurf, deutsch
Former edition: 12/02 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

All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2004

5.4 Auslegung 21
5.4.1 Grundlagen der Auslegung 24
5.4.2 Auslegung kleiner Anlagen für Wohngebäude bei Volumenströmen bis 1000 m^3/h 28
5.4.3 Auslegung großer Anlagen für Volumenströme größer 1000 m^3/h . 31
5.5 Installation, Materialauswahl, Rückbau . 32
5.5.1 Installation 32
5.5.2 Material 33
5.5.3 Rückbau 34
5.6 Regelung 34
5.7 Wirtschaftlichkeit 36
5.7.1 Wirtschaftliche Berechnungen . . . 36
5.7.2 Verbrauchsgebundene Kosten . . . 37
5.7.3 Kapitalkosten/Investitionskosten . . 37
5.7.4 Wartungskosten 38

Anhang Zugehörige Normen, Richtlinien, Vorschriften usw. 39

5.4 Design 21
5.4.1 Fundamentals of design 24
5.4.2 Design of small plants for residential buildings with flow rates up to 1000 m^3/h 28
5.4.3 Design of large plants for flow rates over 1000 m^3/h 31
5.5 Installation, selection of materials, dismantling 32
5.5.1 Installation 32
5.5.2 Material 33
5.5.3 Dismantling 34
5.6 Control strategies 34
5.7 Economic efficiency 36
5.7.1 Economic calculations 36
5.7.2 Operational costs 37
5.7.3 Capital costs and investment costs . 37
5.7.4 Maintenance costs 38

Annex Associated standards, guidelines, regulations, etc. 39

Vorbemerkung

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

Umwelt- und Erdwärme aus dem Untergrund wird über horizontale bzw. vertikale Erdreichwärmeübertrager oder durch Abpumpen von Grundwasser gewonnen und (meist über Wärmepumpen) zum Heizen eingesetzt. Derartige Wärmepumpen-Anlagen können neben der Beheizung auch für die Raumkühlung verwendet werden. In einigen Anlagen wird bereits direkte Kühlung aus dem Untergrund ohne Einsatz der Wärmepumpe im Sommer betrieben.

Erdgekoppelte Wärmepumpen haben in Nordamerika und in Europa eine große Verbreitung erfahren. Sie stoßen in Deutschland auf großes Interesse. Gründe dafür sind sicherlich, dass die Wärmepumpe bezüglich des Primärenergiebedarfs beim gegenwärtigen Stand der Technik mit realisierbaren Einsparungen von 30 % bis 45 % gegenüber dem Ölkessel und 20 % bis 35 % im Vergleich zum Gasbrennwertkessel die effizientere Technik darstellt. Des Weiteren entstehen durch den Einsatz der Elektro-Wärmepumpen im Gegensatz zur Öl- und Gasheizung die Schadstoffemissionen nicht vor Ort, sondern im Wesentlichen in modernen, mit aufwändigen Abgasreinigungsanlagen ausgerüsteten Kraftwerken. Dadurch wird ein wesentlicher Beitrag zur Senkung der Immissionen in dicht bebauten Wohngebieten geleistet.

Preliminary note

The subsurface zone can be used as a source of heat or cold, and it can also be used for the storage of thermal energy. Because of the large volume of space available for development and also because of the uniform temperature level, this zone is well suited for many applications in the low-temperature range.

Environmental heat and ground heat is extracted from the subsurface by means of horizontally or vertically arranged geothermal heat exchanger systems or by pumping up groundwater and is used for heating purposes (most often via heat pumps). In addition to space heating, such heat pump systems can also be used to cool down spaces. Some systems already provide direct cooling from the ground in the summer months without using a heat pump.

Ground-coupled heat pumps are in wide use in North America and Europe. They are attracting great interest in Germany. The reasons for this are clear: Given the present state of the art, in terms of the primary energy requirement the heat pump is the more efficient technology – it can operate 30 % to 45 % more cheaply than an oil-fired boiler and 20 % to 35 % more cheaply than a gas-fired boiler. In addition, in contrast to oil and gas-fired systems, the use of electric-powered heat pumps does not generate the emission of pollutants on site but mainly in modern power plants which are equipped with sophisticated waste gas cleaning facilities. This makes a significant contribution to the reduction of immissions in heavily built-up areas.

Der Untergrund kann auch als thermischer Speicher zur Heizung bzw. Kühlung dienen. Wärme aus regenerativen Quellen (Sonne, Erdwärme und Ähnliches) oder Abwärme, die ansonsten verloren gehen würde, 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 Richtlinie wendet sich an planende und ausführende Unternehmen, an Komponenten-Hersteller (z. B. für Wärmepumpen, Rohrleitungen, Wärmedämmmaterialien usw.), an Genehmigungsbehörden, an Energieberater und an Fachausbilder. Ihr Ziel ist es, vom erreichten Stand der Technik ausgehend, eine korrekte Auslegung, geeignete Materialwahl und richtige Ausführung von Bohrungen, Installation und Systemeinbindung von Anlagen zur thermischen Nutzung des Untergrundes sicherzustellen. Damit können wirtschaftlich und technisch zufriedenstellende Anlagen gewährleistet werden, die auch bei langfristigem Betrieb störungsfrei und ohne Umweltbeeinträchtigung arbeiten.

Die Richtlinie VDI 4640 besteht aus vier Blättern:

Blatt 1 Definitionen, Genehmigungen, Umweltaspekte

Blatt 2 Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen

Blatt 3 Unterirdische thermische Energiespeicher

Blatt 4 Direkte Nutzungen

1 Geltungsbereich

Die Richtlinie VDI 4640 bezieht sich auf die thermische Nutzung des Untergrundes bis etwa 400 m Tiefe. Folgende Anwendungsfälle werden in der Richtlinie behandelt:

Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen (siehe Blatt 2)

a) Wärmepumpenanlagen zum Heizen

b) Wärmepumpenanlagen zum Heizen und Kühlen

Anmerkung: Im Kühlbetrieb kann die Kühlung über die Wärmepumpe und/oder direkt aus dem Untergrund unter Umgehung der Wärmepumpe erfolgen.

c) Kältemaschinen zum Kühlen

The ground can also be used as a thermal storage zone for heating or cooling. Heat from regenerative sources (sun, geothermal energy, and similar) or waste heat which would otherwise be lost, can be stored and used at a later time. The same can also be done with environmental cold which can be stored for cooling purposes. Finally, it is also possible to create buffer or redundant storage capacity in district heating systems or for industrial processes. Underground thermal energy storage is particularly suitable for storing large quantities of heat and cold over long periods of time.

The guideline is intended for planning and construction firms, manufacturers of components (e. g. for heat pumps, piping, thermal insulation materials, etc), licensing authorities, energy consultants and for persons providing instruction/training in this field. Proceeding from the current state of the art, the goal of the guideline is to ensure correct design, suitable choice of materials, and correct production of boreholes for Underground Thermal Energy Storage (UTES) systems as well as their proper installation and incorporation into energy supply facilities. This will ensure that these systems operate trouble-free in an economically and technically satisfactory manner, also over long periods of time, without having a negative impact on the environment.

Guideline VDI 4640 consists of four parts:

Part 1 Definitions, licenses, environmental aspects

Part 2 Ground-coupled heat pump systems

Part 3 Underground Thermal Energy Storage (UTES)

Part 4 Direct uses

1 Scope

Guideline VDI 4640 relates to the thermal use of the subsurface down to a depth of approx. 400 m. The following applications are dealt with in the guideline:

Ground-coupled heat pump systems (see Part 2)

a) Heat pump systems for heating purposes

b) Heat pump systems for heating and cooling purposes

Note: In cooling mode, the cooling can be accomplished via the heat pump and/or directly from the subsurface, thus bypassing the heat pump

c) Chilling equipment for cooling purposes

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2004

Es kommen Erdreichwärmeübertrager oder direkt das Grundwasser (siehe Blatt 4) als Wärmeträger zum Einsatz:

- Als Erdreichwärmeübertrager sind Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden und weitere spezielle Erdreichwärmeübertragerbauarten in Verwendung.
- Das Grundwasser kann über Brunnen aus Aquiferen, aber auch aus Gruben oder der Entwässerung von Tunnelbauwerken stammen.

Unterirdische thermische Energiespeicher (siehe Blatt 3)

a) Speicher zum Heizen

Als Wärmequelle kommen zum Einsatz z. B. Solarthermie, Abwärme, Umweltwärme.

b) Speicher zum Kühlen (Kältequelle: Umweltkälte)

c) Speicher zum Heizen und Kühlen
- in Verbindung mit Wärmepumpen
- ohne Wärmepumpen mit Nutzung von Umweltkälte/-wärme

Es kommen Erdreichwärmeübertrager oder direkt das Grundwasser als Wärmeträger (Aquiferspeicher) zum Einsatz.

Direkte Nutzungen (siehe Blatt 4)

Eine Wärmepumpe oder Kälteaggregat wird hier nicht eingeschaltet:

- Kühlung mit Grundwasser
- Heizung mit Grundwasser
- Lufterwärmung/-kühlung im Untergrund

2 Abkürzungen und Definitionen

2.1 Abkürzungen

AB	Abluft vom Raum
AU	Außenluft (identisch Umgebungsluft)
FO	Fortluft
L-EWT	Luft-Erdwärmetauscher
RLT	Raumlufttechnik
WRG	Wärmerückgewinnung
ZU	Zuluft

The heat is transported via ground heat exchangers or directly by the groundwater (see Part 4):

- The types of ground heat exchanger used are: ground heat collectors, ground source heat exchangers and other special types of ground heat transfer system
- The groundwater can be taken via wells from aquifers, but also from mines or from the drainage of tunnel works

UTES systems (see Part 3)

a) Storage systems for heating purposes

Possible heat sources are: solar heating, waste heat, environmental heat.

b) Storage systems for cooling purposes (cold source: environmental cold)

c) Storage systems for heating and cooling purposes
- combined with heat pumps
- without heat pumps, using environmental cold/heat

The heat is transported via ground heat exchangers or directly by the groundwater (aquifer storage).

Direct uses (see Part 4)

No heat pump or cooling/chilling unit is used in these cases:

- Cooling with groundwater
- Heating with groundwater
- Heating/cooling air below the ground

2 Abbreviations and definitions

2.1 Abbreviations

AB	Exhaust air from room
AU	Outside air (same as ambient air)
FO	Exhaust air
L-EWT	Earth-air heat exchanger
RLT	Ventilation and air-conditioning
WRG	Heat recovery
ZU	Supply air