ICS 27.080

VDI-RICHTLINIEN

Juni 2001
June 2001

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Thermische Nutzung des Untergrundes
Unterirdische Thermische Energiespeicher
Utilization of the subsurface for thermal purposes
Underground thermal energy storage

VDI 4640

Blatt 3 / Part 3

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

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

Inhalt Seite

Vorbemerkungen . . . 3

1 Geltungsbereich . . . 4

2 Abkürzungen, Formelzeichen und Indizes . . . 5

3 Allgemeines . . . 6
3.1 Begriffsbestimmungen . . . 6
3.2 Besonderheiten bei Umweltaspekten unterirdischer thermischer Energiespeicher . . . 8
3.3 Materialauswahl für höhere Temperaturen . . . 10

4 Systemeinbindung in das Energieversorgungssystem . . . 13
4.1 Energiebilanz . . . 13
4.2 Temperaturniveaus . . . 14
4.3 Speichernutzungsgrad . . . 15
4.4 Anwendungen . . . 16
4.4.1 Kältespeicherung und/oder Niedertemperatur-Wärmespeicherung ohne Wärmepumpe . . . 16
4.4.2 Kältespeicherung und/oder Niedertemperatur-Wärmespeicherung mit Wärmepumpe . . . 18
4.4.3 Solarenergie und Wärmespeicherung . . . 18
4.4.4 Heizkraftwerk und Wärmespeicherung . . . 19
4.4.5 Komplexe Energieversorgungssysteme mit Abwärmenutzung und Wärmespeicherung . . . 20
4.4.6 Weitere Systemvarianten unterirdischer thermischer Energiespeicherung . . . 21

5 Aquiferspeicher . . . 22
5.1 Systembeschreibung . . . 22
5.2 Natürliche Standortvoraussetzungen . . . 24

Contents Page

Preliminary note . . . 3

1 Scope . . . 4

2 Abbreviations, symbols and indices . . . 5

3 General . . . 6
3.1 Definitions of terms . . . 6
3.2 Special environmental aspects of underground thermal energy storage . . . 8
3.3 Choice of materials for higher temperatures . . . 10

4 Incorporation into an energy supply system . . . 13
4.1 Energy balance . . . 13
4.2 Temperature levels . . . 14
4.3 Utilization ratio of the storage system . . . 15
4.4 Uses . . . 16
4.4.1 Storage of cold and/or of low-temperature heat without a heat pump . . . 16
4.4.2 Storage of cold and/or of low-temperature heat with a heat pump . . . 18
4.4.3 Solar energy and heat storage . . . 18
4.4.4 Heat and power co-generation plant coupled with heat storage . . . 19
4.4.5 Complex energy supply systems utilizing and storing waste heat . . . 20
4.4.6 Further system variants of underground thermal energy storage . . . 21

5 Aquifer storage . . . 22
5.1 Description of system . . . 22
5.2 Natural site requirements . . . 24

VDI-Gesellschaft Energietechnik

Fachausschuss „Regenerative Energien“ (FA-RE)

VDI-Handbuch Energietechnik

Frühere Ausgabe: 3.00 Entwurf, deutsch
Former edition: 3/00 draft, in German only

Zu beziehen durch / Available from Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2001

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

 All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2001

Seite

5.3 Standorterkundung 26
5.3.1 Parametergewinnung 26
5.3.2 Parameterinterpretation und Anlagenauslegung 27
5.4 Konstruktive Ausführung der Brunnen . . . 29
5.5 Besonderheiten bei Genehmigungsverfahren für Aquiferspeicher 30
5.6 Mögliche Betriebsprobleme durch die chemische Zusammensetzung des Grundwassers 31
5.6.1 Kalkausfällungen bei Hochtemperatur-Wärmespeichern 31
5.6.2 Eisen- und Manganausfällungen . . . 32
5.6.3 Entgasungserscheinungen 33
5.6.4 Altlasten 33

6 Erdwärmesonden-Speicher 33

6.1 Allgemeines 33
6.2 Geometrie des Speichers 34
6.3 Auslegung 34
6.3.1 Allgemeine Vorgehensweise 34
6.3.2 Grobauslegung 35
6.3.3 Numerische Simulation 36
6.4 Konstruktive Ausführung 36
6.4.1 Bohrungen 36
6.4.2 Sondenmaterialien 37
6.4.3 Wärmeträgermedium und Frostschutz 37
6.4.4 Einbau und Verfüllung von Erdwärmesonden 37
6.4.5 Hydraulische Verschaltung 38

7 Sonstige thermische Untergrundspeicher . . 38
7.1 Kavernenspeicher 38
7.2 Stillgelegte Bergwerke 39
7.3 Naturähnliche thermische Untergrundspeicher 39
7.3.1 Grundlegendes Bauprinzip 39
7.3.2 Kies-Wasser-Wärmespeicher 40
7.3.3 Erdreich-Wasser-Wärmespeicher . . 40

Anhang Zugehörige Normen, Richtlinien, Vorschriften 41

Page

5.3 Site exploration 26
5.3.1 Collecting parameters 26
5.3.2 Interpretation of parameters and design of system layout 27
5.4 Design of the wells 29
5.5 Some special aspects relating to the licensing of aquifer storage systems 30
5.6 Possible operating problems arising from the chemical composition of the groundwater 31
5.6.1 Precipitation of calcium carbonate in high-temperature heat storage systems 31
5.6.2 Precipitation of iron and manganese . 32
5.6.3 Degassing phenomena 33
5.6.4 Contaminated sites 33

6 Storage systems using borehole heat exchangers (BHE) 33
6.1 General 33
6.2 Geometry of the storage system 34
6.3 Layout 34
6.3.1 General procedure 34
6.3.2 Rough layout 35
6.3.3 Numerical simulation 36
6.4 Construction 36
6.4.1 Boreholes 36
6.4.2 Borehole heat exchanger materials . . 37
6.4.3 Heat transfer medium and anti-freeze 37
6.4.4 Installation and grouting of borehole heat exchangers 37
6.4.5 Hydraulic circuit layout 38

7 Other underground thermal storage systems 38
7.1 Cavern storage 38
7.2 Abandoned mines 39
7.3 Near-natural underground thermal energy storage systems 39
7.3.1 Fundamental structural principle . . . 39
7.3.2 Gravel-water thermal energy storage system 40
7.3.3 Soil-water thermal energy storage system 40

Annex Associated standards, guidelines, regulations 41