



DGK 2018, Workshop:
Richtlinie VDI 4640 Blatt 2
Essen, 27.11.2018

Neuerungen in der VDI 4640, Blatt 2

Thermische Nutzung des
Untergrunds - Erdgekoppelte
Wärmepumpenanlagen

Dr. Burkhard Sanner VDI
Gießen

VDI 4640-2 Thermische Nutzung des Untergrunds Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen

Inhalt von Gründruck VDI 4640-2:2015

1-3 Präliminarien

4 Thermische Nutzung des Grundwassers mit Brunnenanlagen

5 Nutzung des oberflächennahen Untergrunds mit Erdwärmekollektoren

6 Nutzung des Untergrunds mit Erdwärmesonden

7 Besonderheiten von Anlagen mit Direktverdampfung

8 Besonderheiten weiterer Wärmequellen(-senken)anlagen

9 Systemeinbindung

10 Wärmenutzungsanlagen

11 Materialien für Wärmequellenanlagen

12 Verhalten in Störfällen und Rückbau erdgekoppelter Wärmepumpenanl.

Anhang A Verpressung von Erdwärmesonden (Bsp. f. Verpressprotokoll)

Anhang B Prüfverfahren des Frost-Tau-Widerstands

VDI 4640-2 Thermische Nutzung des Untergrunds Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen

Inhalt von Weißdruck VDI 4640-2:201X

1-4 Präliminarien

5 Thermische Nutzung des Grundwassers mit Brunnenanlagen

6 Nutzung des oberflächennahen Untergrunds mit Erdwärmekollektoren

7 Nutzung des Untergrunds mit Erdwärmesonden

8 Besonderheiten von Anlagen mit Direktverdampfung

9 Besonderheiten weiterer Wärmequellenanlagen/Wärmesenkenanlagen

10 Systemeinbindung

11 Wärmenutzungsanlagen

12 Materialien für Wärmequellenanlagen

13 Verhalten in Störfällen und Rückbau erdgekoppelter Wärmepumpenanl.

Anhänge

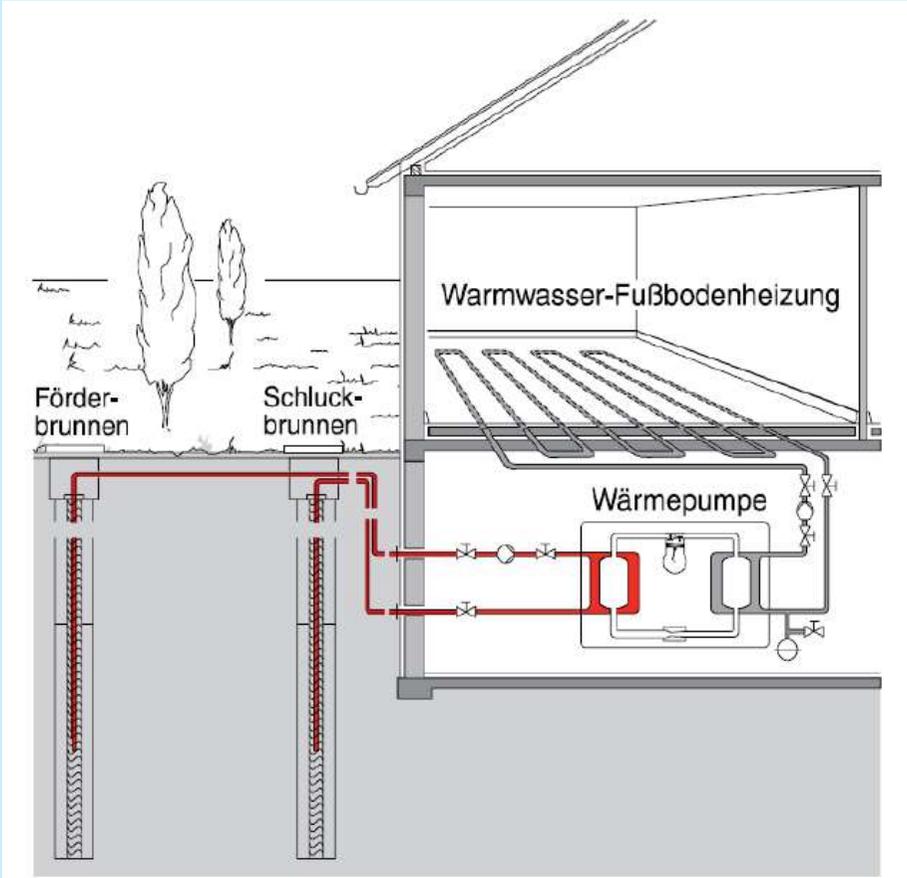
VDI 4640-2 Thermische Nutzung des Untergrunds Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen

Inhalt von Weißdruck VDI 4640-2:201X

- Anhang A Auslegungstabellen für Erdwärmekollektoren
- Anhang B Auslegungstabellen für Erdwärmesonden
- Anhang C Druckverlustdiagramme
- Anhang D Verfüllung von Erdwärmesonden (Beispiel für Verfüllprotokoll)
- Anhang E Randbedingungen für Prüfverfahren zur Bestimmung des Einflusses von Verfüllbaustoffen bei Frost-Tau-Wechseln
- Anhang F Weitere Wärmequellen-/Wärmesenken

Abschnitt 5: Thermische Nutzung des Grundwassers mit Brunnenanlagen

Schema einer Grundwasser-Wärmepumpe
(aus VDI 4640-2)



Auslegung von Grundwasser-Wärmepumpen

Abschnitt 5.1 – Auslegung

Dieser Abschnitt behandelt die wesentlichen Aspekte der Untersuchung und Auslegung:

- Welche Grundwasser-Fördermenge muss zur Verfügung gestellt werden?
- Bietet der Untergrund am Standort die Voraussetzungen für eine ausreichende Brunnen-Ergiebigkeit?
- Ist das Grundwasser am Standort (vor allem chemisch) für die Nutzung in einer Wärmepumpenanlage geeignet?

Auslegung von Grundwasser-Wärmepumpen

Berechnung der notwendigen Grundwasser-Fördermenge für gegebene thermische Leistung und Temperaturspreizung

Für ausgewählte Werte bietet VDI 4640-2 in Tabelle 1 die benötigte Fördermenge an:

Leistung (grundwasserseitig) in kW	Temperaturspreizung ΔT in K			
	2	3	4	5
	Brunnenleistung in m ³ /h			
1	0,4	0,29	0,22	0,2
4	1,7	1,1	0,9	0,7
6	2,6	1,7	1,3	1,0
8	3,4	2,3	1,7	1,4
10	4,3	2,9	2,2	1,7
20	8,6	5,7	4,3	3,4
30	12,9	8,6	6,5	5,2

aus VDI 4640-2

Brunnenbohrungen, Brunnenbau

Abschnitt 5.2 – Errichtung und Inbetriebnahme der Anlage

5.2.1 behandelt die Bohrarbeiten. Er ist bewusst ausführlich gehalten und gilt auch für die Bohrarbeiten für Erdwärmesonden, worauf im dortigen Abschnitt 7.2.1 verwiesen wird

5.2.2 nennt Anforderungen an die zu verwendenden Materialien

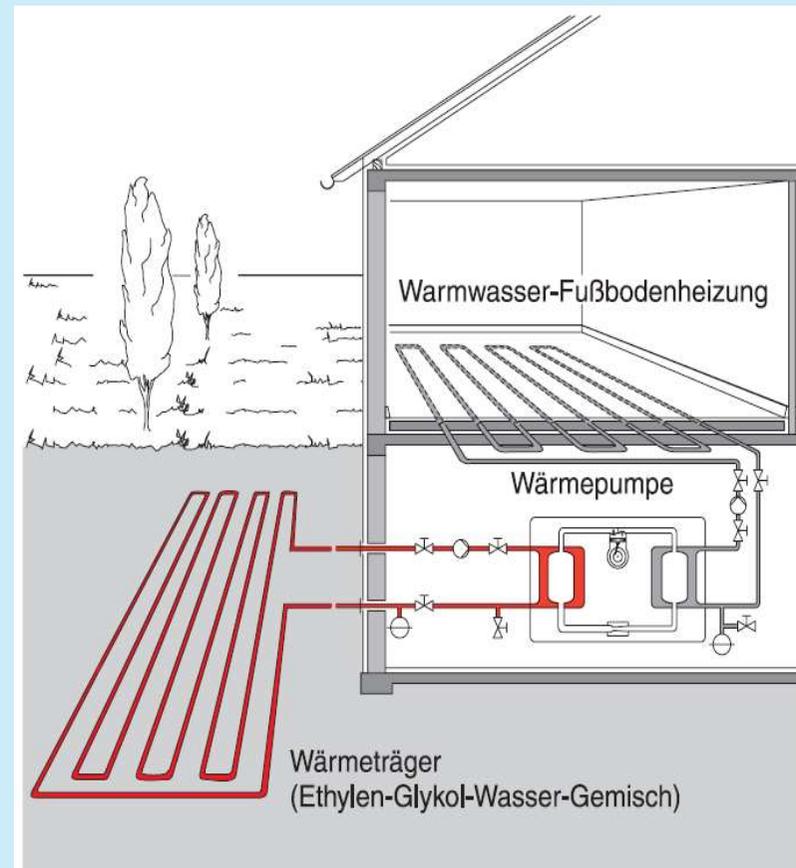
5.2.3 widmet sich dem Brunnenausbau. Dabei wird vor allem auf die entsprechenden Regeln des DVGW verwiesen

5.2.4 behandelt die Verlegung der Leitungen

5.2.5, 5.2.6 und 5.2.7 befassen sich mit Abnahme, Anlagenbetrieb und Stilllegung

Abschnitt 6: Nutzung des oberflächennahen Untergrunds mit Erdwärmekollektoren

Schema Wärmepumpe
mit Erdwärmekollektor
(aus VDI 4640-2)



Auslegung horizontaler Erdwärmekollektoren

Abschnitt 6.1 – Auslegung

Dieser Abschnitt behandelt die wesentlichen Aspekte der Untersuchung und Auslegung:

- Einflussparameter auf die Auslegung von Erdwärmekollektoren
- Grundlegende Auslegungskriterien (z.B. $\text{Sole} > -5 \text{ °C}$)
- Auslegungskennwerte für horizontale Erdwärmekollektoren (nach Tabellen in Anhang A)

Auslegung horizontaler Erdwärmekollektoren

Anhang A, Beispiel für Tabelle

Tabelle A2. Horizontale Erdwärmekollektoren, Maximalwerte der flächenspezifischen Entzugsleistung und Entzugsenergie für PE-Rohr 32 mm × 2,9 mm

Klimazonen	Entzugsleistung in W/m ² Entzugsenergie in kWh/(m ² ·a) Volllaststunden in h/a Rohrabstand in m	Sand	Lehm	Schluff	Sandiger Ton
Klimazone 1	Entzugsleistung	28	34	36	39
	Entzugsenergie	46	56	59	64
	Volllaststunden	1650	1650	1650	1650
	Rohrabstand	0,2...0,3	0,45...0,55	0,45...0,55	0,45...0,55
Klimazone 2	Entzugsleistung	21	29	29	31
	Entzugsenergie	37	52	52	55
	Volllaststunden	1800	1800	1800	1800
	Rohrabstand	0,3...0,4	0,5...0,6	0,55...0,65	0,55...0,65

Installation horizontaler Erdwärmekollektoren

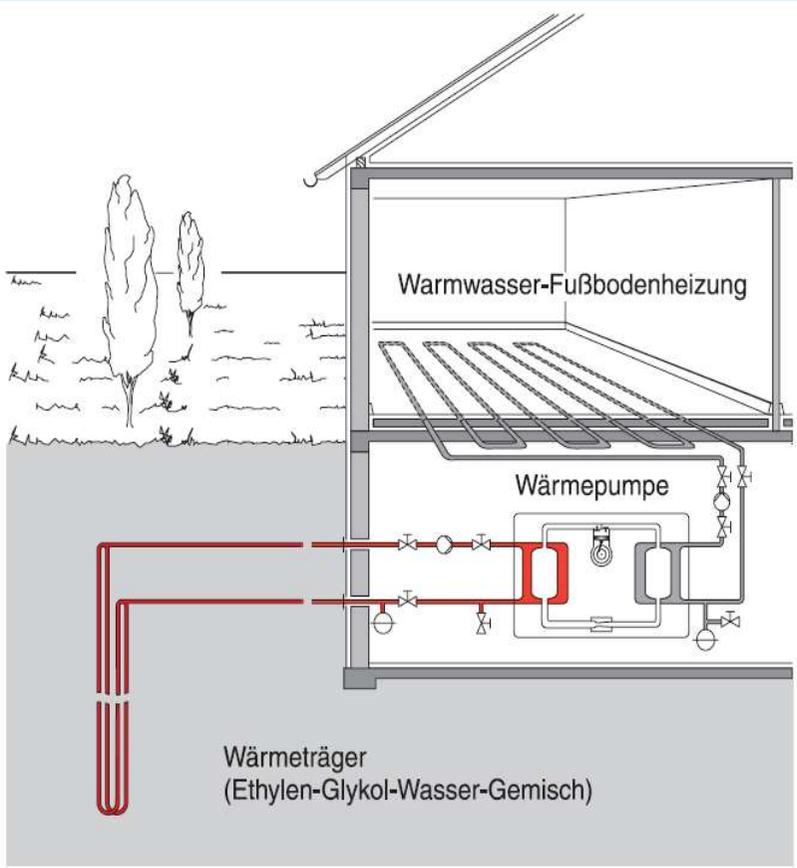
Abschnitt 6.2 – Installation

Dieser Abschnitt behandelt die wesentlichen Aspekte der Untersuchung und Auslegung:

- 6.2.1 Erdarbeiten
- 6.2.2 Anforderungen an die verwendeten Materialien
- 6.2.3 Verlegung der Leitungen
- 6.2.4 Druckabsicherung
- 6.2.5 Füllen und Entlüften
- 6.2.6 Inbetriebnahme
- 6.2.7 Abschluss der Arbeiten, Dokumentation

Abschnitt 7: Nutzung des Untergrunds mit Erdwärmesonden

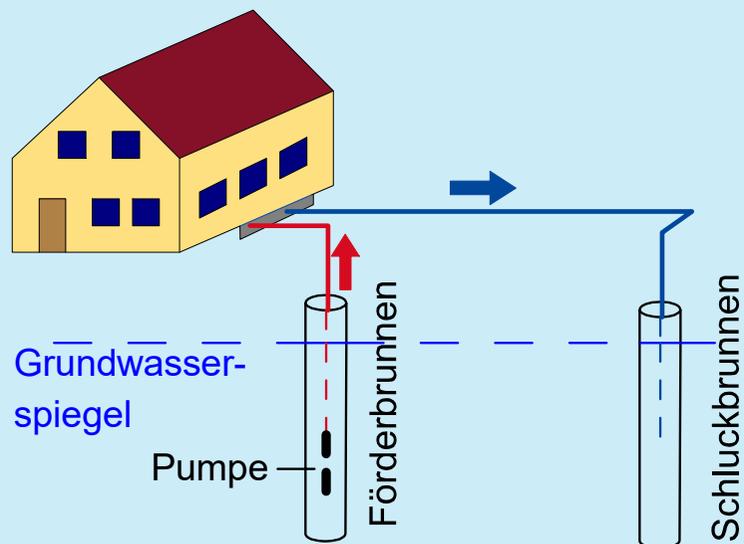
Schema Wärmepumpe mit Erdwärmesonden
(aus VDI 4640-2)



Vergleich Erdwärmesonden / Grundwasserbrunnen

Grundwasserbrunnen

Wärmetransport aus dem Erdreich zum Brunnen durch Druckgefälle (Pumpen)



Vorteile:

- höhere Leistung bei relativ niedrigen Kosten
- relativ hohes Temperaturniveau der Wärmequelle

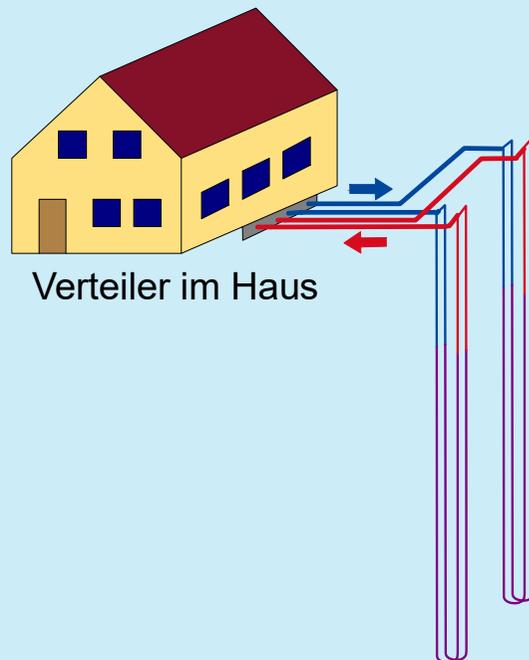
Nachteile:

- Wartung des/der Brunnen
- Grundwasserleiter mit ausreichender Ergiebigkeit muss vorhanden sein
- der Grundwasserchemismus muss geeignet sein

Vergleich Erdwärmesonden / Grundwasserbrunnen

Erdwärmesonden

Wärmetransport aus dem Erdreich zur Erdwärmesonde durch Temperaturgefälle



Verteiler im Haus

Vorteile:

- keine regelmäßige Wartung
- sicher
- (technisch) fast überall umsetzbar

Nachteile:

- begrenzte Leistung pro Bohrung
- relativ niedriges Temperaturniveau der Wärmequelle

Auslegung von Erdwärmesonden

Abschnitt 7.1 – Thermische Auslegung

Dieser Abschnitt behandelt die wesentlichen Aspekte der Untersuchung und Auslegung:

7.1.1 Berechnungs- und Simulationsverfahren für Erdwärmesonden

7.1.2 Einzelanlagen mit Heizleistung bis zu 30 kW

7.1.3 Kleinstanlagen bis 8 kW Heizleistung

7.1.4 Bestimmung thermischer Untergrundeigenschaften

Abschnitt 7.2 – Hydraulische Auslegung von Erdwärmesondenanlagen

7.2.1 Erdwärmesonden

7.2.2 Anbindeleitungen von der Erdwärmesonde zum Verteiler

7.2.3.-7.2.6 Verteiler, Sammelleitungen, Wärmepumpe

Auslegung von Erdwärmesonden

7.1.2 Vorberechnete Anlagen bis 30 kW

Tabellen mit Entzugsleistungen für 1-5 Erdwärmesonden

Berechnet auf minimale Sole-Austrittstemperatur aus WP:

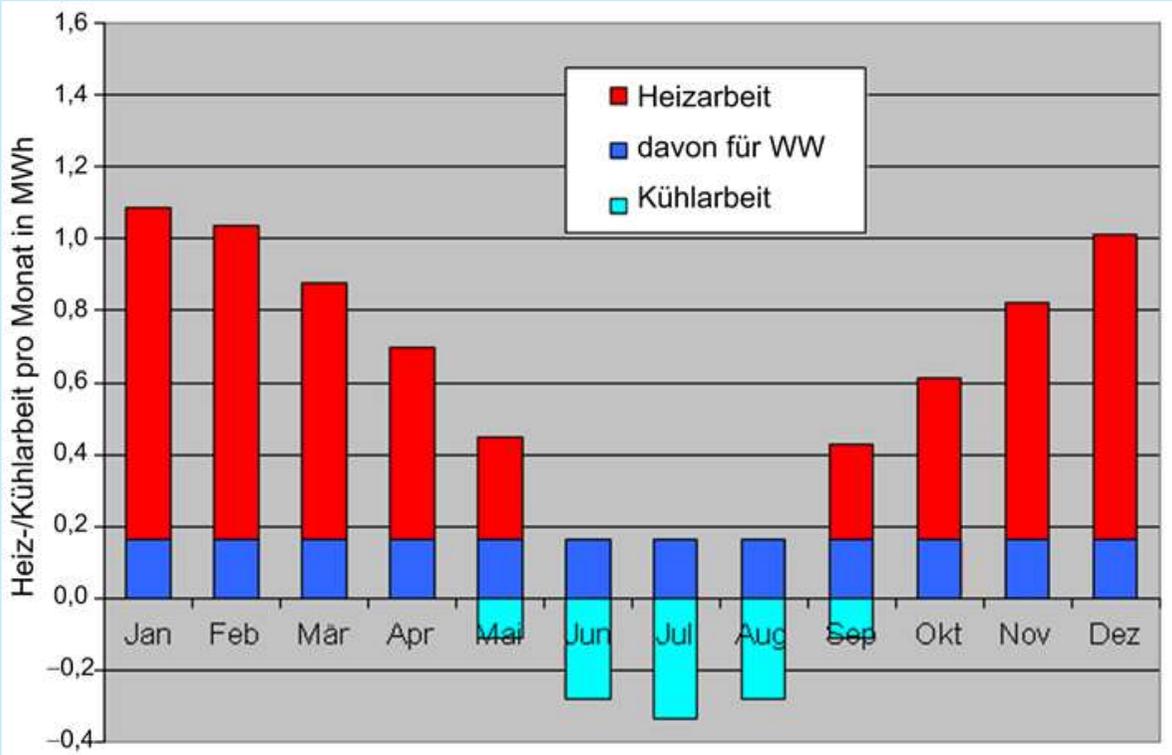
> -5 °C

> -3 °C

> 0 °

Auslegung von Erdwärmesonden

7.1.2 Vorberechnete Anlagen bis 30 kW, Heiz-/Kühlbedarf



Auslegung von Erdwärmesonden

7.1.2 Vorberechnete Anlagen bis 30 kW, Tabellen

$T_{WP-Austritt} \geq 0 \text{ °C}$ bei Maximalleistung (Spitzenlast), in W/m

Jahresvolllast- stunden	Anzahl Sonden	Wärmeleitfähigkeit des umgebenden Untergrunds			
		Entzugsleistung bei turbulentem Durchfluss in W/m			
		1,0 W/(m·K)	2,0 W/(m·K)	3,0 W/(m·K)	4,0 W/(m·K)
1200 h/a	1	24,4	33,7	39,8	44,3
	2	22,1	31,2	37,4	41,9
	3	20,6	29,5	35,6	40,2
	4	19,4	28,1	34,2	38,9
	5	18,8	27,4	31,8	38,2
1500 h/a	1	21,0	30,4	36,8	41,5
	2	18,9	27,9	34,1	38,9
	3	17,4	26,1	32,3	37,0
	4	16,4	24,7	30,8	35,6
	5	15,9	24,0	30,1	34,9

Installation von Erdwärmesonden

Abschnitt 7.3 – Installation/Errichtung der Anlage

Dieser Abschnitt behandelt die wesentlichen Aspekte von Bau, Einbau und Anbindung von Erdwärmesonden:

- 7.3.1 Bohrarbeiten
- 7.3.2 Herstellung von Erdwärmesonden
- 7.3.3 Einbau von Erdwärmesonden
- 7.3.4 Verfüllbaustoffe/Ringraumverfüllung
- 7.3.5 Verlegung der Leitungen
- 7.3.6 Druckabsicherung
- 7.3.7 Füllen und Entlüften
- 7.3.8 Inbetriebnahme
- 7.3.9 Druck- und Durchflussprüfung