

PETER LOOSE

# ERDWÄRME- NUTZUNG

Versorgungstechnische Planung und Berechnung

4., neu bearbeitete und erweiterte Auflage

VDE VERLAG GMBH

<b>Vorwort zur 4. Auflage</b>	<b>V</b>
<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
1.1 Geothermische Potenziale	3
1.2 Einteilung der Möglichkeiten zur Erdwärmenutzung	6
<b>2 Wärmebilanzen</b>	<b>9</b>
<b>3 Einige Probleme der Wärmeleitung</b>	<b>11</b>
3.1 Wärmeleitungsgleichung	11
3.2 Dimensionsanalyse	13
3.3 Quellentheorie	14
3.4 Punktquelle	14
3.5 Linienquelle	16
3.6 Zylinderquelle	18
3.7 Näherungsverfahren und numerische Lösungsverfahren	21
<b>4 Thermal-Response-Test</b>	<b>25</b>
<b>5 Sonden und Sondenfelder</b>	<b>29</b>
5.1 Berechnungsgrundlagen	29
5.2 Linienförmige Sonden	30
5.3 „Flache“ Sonden („Spiralkollektoren“)	35
5.4 Unregelmäßige Feldanordnungen	42
<b>6 Konvektion und Grundwasserströmung</b>	<b>45</b>
6.1 Konvektiver Wärmestrom	45
6.2 Das „hydrogeologische“ Dreieck	46
6.3 Hydrogeologische Atlanten	48

<b>7</b>	<b>Brunnenanlagen</b>	<b>53</b>
7.1	Hinweise zum Brunnenbau	53
7.2	Bemessungsfragen	54
<b>8</b>	<b>Thermische Eigenschaften von Gesteinen</b>	<b>59</b>
8.1	Oberflächennaher Temperaturverlauf	59
8.2	Wärmetechnische Stoffwerte von Gesteinen	60
<b>9</b>	<b>Tiefe Geothermie</b>	<b>65</b>
9.1	Das HDR-Verfahren - Prinzip	65
9.2	Standortbewertung	67
9.3	ORC-Prozess	70
9.4	Kalina-Prozess	73
9.5	Arbeitsmittel und Wirkungsgrad	75
<b>10</b>	<b>Flache Geothermie (bis 100 m Teufe)</b>	<b>79</b>
10.1	Sondenbauformen	79
10.2	Bohrtechnik	85
<b>11</b>	<b>Erdwärmespeicher</b>	<b>89</b>
11.1	Mögliche Bauarten	89
11.2	Laden und Entladen von Erdwärmespeichern	92
11.3	Berechnung	93
11.4	Lastmanagement	96
<b>12</b>	<b>Planungstools für die flache Geothermie</b>	<b>99</b>
12.1	Systematik der Planung	99
12.2	VDI4640	100
12.3	SIA 384/6	102
12.4	ASHRAE-Tabellenkalkulation	105

<b>12.5</b>	<b>Planungssoftware</b>	<b>108</b>
12.5.1	Berechnungen nach der Quellentheorie: EED, EWS	108
12.5.2	Finite-Elemente-Rechnungen: TRNSY5, ANSYS, FEFLOW	108
<b>12.6</b>	<b>Berechnungsbeispiel</b>	<b>109</b>
<b>13</b>	<b>Oberflächennahe Sonden/Kollektoren</b>	<b>113</b>
13.1	Sonden („Spiralkollektoren“)	IIB
IB.2	Kollektorfelder	115
13.3	Berechnungsbeispiel	117
<b>14</b>	<b>Luftkollektoren</b>	<b>123</b>
14.1	Konstruktive Hinweise	123
14.2	Berechnung	124
14.3	Beispiel	126
<b>15</b>	<b>Heizungs-und Kühlungssysteme</b>	<b>129</b>
15.1	Wärmepumpenheizung	130
15.2	Kühlung	132
15.3	Kombinierte (gekoppelte) Systeme	133
15.4	Heiz-und Kühlflächen und ihre Berechnung	135
15.5	Überlegungen zur Regelungsstrategie	140
15.6	Berechnungsbeispiel	141
<b>16</b>	<b>FAQ</b>	<b>143</b>
<b>Literatur</b>		<b>149</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>		<b>155</b>