

Ingrid Stober · Kurt Bucher

Geothermie

 Springer

Inhaltsverzeichnis

1	Thermisches Regime der Erde	1
1.1	Erneuerbare Energien, Globaler Status	2
1.2	Aufbau der Erde	2
1.3	Energiedargebot der Erde	8
1.4	Wärmetransport und thermische Parameter	10
1.5	Kurzer Abriss von Methoden zur Bestimmung thermischer Parameter	14
2	Geschichte geothermischer Energienutzung	17
2.1	Frühe geothermische Nutzungen	18
2.2	Geothermische Nutzungen in der späteren Neuzeit	23
3	Geothermische Energie-Ressourcen	27
3.1	Energie	28
3.2	Bedeutung der Erneuerbaren Energien	29
3.3	Status der Nutzung der geothermischen Energie	31
3.4	Geothermische Energiequellen	32
4	Geothermische Nutzungsmöglichkeiten	35
4.1	Oberflächennahe geothermische Energienutzung	36
4.2	Tiefe geothermische Energienutzung	42
4.3	Wirkungsgrad	51
4.4	Bedeutende Geothermie-Felder, Hochenthalpie-Felder	54
5	Potentiale und Perspektiven geothermischer Energienutzung	61
6	Erdwärmesonden	65
6.1	Planungsgrundsätze	66
6.2	Bau von Erdwärmesonden	66
6.3	Auslegung von Erdwärmesonden	72
6.3.1	Wärmepumpen	73
6.3.2	Thermische Parameter und Programme für die Auslegung von Erdwärmesonden	77

6.4	Bohrverfahren für Erdwärmesonden	85
6.4.1	Direktspülverfahren	87
6.4.2	Imlochhammerbohrverfahren	91
6.4.3	Abschließende Hinweise, Bohrrisiken	92
6.5	Hinterfüllung/Verpressung von Erdwärmesonden	96
6.6	Bau von Erdwärmesonden mit Überlänge	100
6.7	Potentielle Risiken, Fehler und Schäden bei Erdwärmesonden	101
6.8	Spezielle Nutzungssysteme und Weiterentwicklungen	103
6.8.1	Erdwärmesonden-Felder	104
6.8.2	Erdsonden und Kühlung	105
6.8.3	Kombination Solarthermie/Erdwärmesonden	106
6.8.4	Vermessung von Erdwärmesonden	107
6.8.5	Erdwärmesonden mit Phasenwechsel	112
7	Geothermische Brunnenanlagen	117
7.1	Bau von Grundwasserbrunnen	118
7.2	Wasserqualität	121
7.3	Thermischer Einflussbereich, Modellrechnungen	122
8	Hydrothermale Nutzung, Geothermische Dublette	127
8.1	Geologischer und tektonischer Bau	128
8.2	Thermische und hydraulische Eigenschaften des Nutzhorizontes	131
8.3	Hydraulische und thermische Reichweite geothermischer Dubletten	138
8.4	Hydrochemie heißer Wässer aus großer Tiefe	142
8.5	Ertüchtigungsmaßnahmen, Stimulation	146
8.6	Fündigkeit, Risiko, Wirtschaftlichkeit	147
8.7	Beispiele hydrothermalen Anlagen	154
8.8	Projektierung hydrothermalen Anlagen	159
9	Enhanced-Geothermal-Systems (EGS), Hot-Dry-Rock Systeme (HDR), Deep-Heat-Mining (DHM)	163
9.1	Verfahren, Vorgehen, Ziele	165
9.2	Geschichte, erste HDR-Verfahren	166
9.3	Vorgehen bei der Stimulation	167
9.4	Erfahrungen und Umgang mit der Seismizität	172
9.5	Empfehlungen, Hinweise	173
10	Potentielle Umweltauswirkungen bei der Tiefen Geothermie	177
10.1	Seismizität und Tiefe Geothermie	179
10.1.1	Induzierte Erdbeben	181
10.1.2	Erdbebenskalen	183
10.1.3	Die Ereignisse von Basel	184

10.1.4	Seismische Beobachtungen bei EGS-Projekten . . .	187
10.1.5	Folgerungen und Empfehlungen für hydrothermale und petrothermale Nutzungen (EGS)	190
10.2	Auswirkungen durch und auf den Untergrund	193
10.3	Übertägige Auswirkungen	195
11	Bohrtechnik für Tiefbohrungen	199
12	Geophysikalische Untersuchungen	217
12.1	Geophysikalische Vorerkundung, Seismik	218
12.2	Geophysikalische Bohrlochmessungen und Interpretation	224
13	Hydraulische Untersuchungen, Tests	229
13.1	Grundlagen	230
13.2	Testarten, Planung und Durchführung, Auswerteverfahren	239
13.3	Tracerversuche	245
13.4	Temperaturauswerteverfahren	247
14	Hydrochemische Untersuchungen	251
14.1	Probennahme und Analytik	252
14.2	Wichtigste Untersuchungsergebnisse und Interpretationen	254
14.3	Ausfällungen, Korrosion	262
Literatur	269
Sachverzeichnis	283