

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	7
1.4	Wärmetransport und thermische Parameter	9
1.5	Kurzer Abriss von Methoden zur Bestimmung thermischer Parameter	14
1.6	Temperaturmessungen	15
2	Geschichte geothermischer Energienutzung	19
2.1	Frühe geothermische Nutzungen	20
2.2	Geothermische Nutzungen in der späteren Neuzeit	25
3	Geothermische Energie-Ressourcen	29
3.1	Energie	30
3.2	Bedeutung der Erneuerbaren Energien	31
3.3	Status der Nutzung der geothermischen Energie	33
3.4	Geothermische Energiequellen	35
4	Geothermische Nutzungsmöglichkeiten	37
4.1	Oberflächennahe geothermische Energienutzung	38
4.2	Tiefe geothermische Energienutzung	46
4.3	Wirkungsgrad	56
4.4	Bedeutende Geothermie-Felder, Hochenthalpie-Felder	58
5	Potentiale und Perspektiven geothermischer Energienutzung	65
6	Erdwärmesonden	69
6.1	Planungsgrundsätze	70
6.2	Bau von Erdwärmesonden	70
6.3	Auslegung von Erdwärmesonden	78
6.3.1	Wärmepumpen	78

6.3.2	Thermische Parameter und Programme für die Auslegung von Erdwärmesonden	83
6.4	Bohrverfahren für Erdwärmesonden	90
6.4.1	Direktspülverfahren	93
6.4.2	Imlochhammerbohrverfahren	95
6.4.3	Abschließende Hinweise, Bohrrisiken	96
6.5	Hinterfüllung/Verpressung von Erdwärmesonden	100
6.6	Bau von Erdwärmesonden mit Überlänge	105
6.7	Potentielle Risiken, Fehler und Schäden bei Erdwärmesonden	107
6.8	Spezielle Nutzungssysteme und Weiterentwicklungen	109
6.8.1	Erdwärmesonden-Felder	109
6.8.2	Erdsonden und Kühlung	111
6.8.3	Kombination Solarthermie/Erdwärmesonden	112
6.8.4	Vermessung von Erdwärmesonden, Qualitätskontrolle	113
6.8.5	Erdwärmesonden mit Phasenwechsel	119
7	Geothermische Brunnenanlagen	123
7.1	Bau von Grundwasserbrunnen	125
7.2	Wasserqualität	127
7.3	Thermischer Einflussbereich, Modellrechnungen	128
8	Hydrothermale Nutzung, Geothermische Dublette	133
8.1	Geologischer und tektonischer Bau	134
8.2	Thermische und hydraulische Eigenschaften des Nutzhorizontes	137
8.3	Hydraulische und thermische Reichweite geothermischer Dubletten	145
8.4	Hydrochemie heißer Wässer aus großer Tiefe	149
8.5	Ertüchtigungsmaßnahmen, Stimulation	152
8.6	Fündigkeits-, Risiko-, Wirtschaftlichkeit	154
8.7	Beispiele hydrothermaler Anlagen	161
8.8	Projektierung hydrothermaler Anlagen	167
9	Enhanced-Geothermal-Systems (EGS), Hot-Dry-Rock Systeme (HDR), Deep-Heat-Mining (DHM)	171
9.1	Verfahren, Vorgehen, Ziele	173
9.2	Geschichte, erste HDR-Verfahren	174
9.3	Vorgehen bei der Stimulation	175
9.4	Erfahrungen und Umgang mit der Seismizität	181
9.5	Empfehlungen, Hinweise	182
10	Potentielle Umweltauswirkungen bei der Tiefen Geothermie	187
10.1	Seismizität und Tiefe Geothermie	189
10.1.1	Induzierte Erdbeben	191
10.1.2	Erdbebenskalen	193
10.1.3	Die Ereignisse von Basel	195
10.1.4	Seismische Beobachtungen bei EGS-Projekten	198

10.1.5 Folgerungen und Empfehlungen für hydrothermale und petrothermale Nutzungen (EGS)	202
10.2 Auswirkungen durch und auf den Untergrund	205
10.3 Übertägige Auswirkungen	208
11 Bohrtechnik für Tiefbohrungen	211
12 Geophysikalische Untersuchungen	229
12.1 Geophysikalische Vorerkundung, Seismik	230
12.2 Geophysikalische Bohrlochmessungen und Interpretation	236
13 Hydraulische Untersuchungen, Tests	241
13.1 Grundlagen	242
13.2 Testarten, Planung und Durchführung, Auswerteverfahren	250
13.3 Tracerversuche	256
13.4 Temperaturauswerteverfahren	259
14 Hydrochemische Untersuchungen	261
14.1 Probennahme und Analytik	262
14.2 Wichtigste Untersuchungsergebnisse und Interpretationen	264
14.3 Ausfällungen, Korrosion	272
- Literatur	281
Sachverzeichnis	299