
Inhaltsverzeichnis

1	Thermisches Regime der Erde	1
	Ingrid Stober	
1.1	Aufbau der Erde	2
1.2	Energiedargebot der Erde	5
1.3	Wärmetransport und thermische Parameter	9
1.4	Kurzer Abriss von Methoden zur Bestimmung thermischer Parameter	13
1.5	Temperaturmessungen	13
	Literatur	16
2	Geologische und geophysikalische Untersuchungen	19
	Kord Ernstson	
2.1	Einführung	20
2.2	Geothermische Energie als Lagerstätte	22
2.3	Geologie und Geophysik in der Projektstudie: Stichhaltigkeit und Überprüfung	26
2.4	Geologische Befunde und Modelle	26
2.5	Die für die Geothermie wichtigen geophysikalischen Verfahren	32
2.6	Petrophysikalische Grundlagen der Geologie und Geophysik in der Geothermie	36
2.7	Existierende geophysikalische Daten	42
	2.7.1 Gravimetrie und Geomagnetik	42
	2.7.2 Reflexionsseismik	44
	2.7.3 Refraktionsseismik	45
	2.7.4 Tiefengeoelektrik	46
	2.7.5 Geothermische Untersuchungen	47
2.8	Neue Messungen der Geophysik in der Vorerkundung	48
	2.8.1 2D- und 3D-Reflexions-Seismik	48
	2.8.2 Refraktionsseismik	50
	2.8.3 Gravimetrie	52
	2.8.4 Geomagnetik	60
	2.8.5 Verfahren der Geoelektrik	64

2.8.6	Eigenpotentialmethode und mise-à-la-masse-Methode	69
2.9	Seismizität und geologisch-geophysikalische Untersuchungen	71
2.10	Bohrungsbegleitende Geophysik	71
2.11	Schlussbemerkungen	73
	Literatur	75
3	Reflexionsseismische Exploration	81
	Silke Bißmann und René Kahnt	
3.1	Methodik der seismischen Messung	82
3.2	Erkundungsziele	83
3.2.1	Projektspezifische Erkundungsziele	84
3.3	Planung einer Oberflächenseismik	85
3.3.1	Survey Design	85
3.3.2	Anpassung der Planung an die Realbedingungen	86
3.3.3	Planung der Zeitachse	86
3.3.4	Öffentlichkeitsarbeit	86
3.4	Durchführung der Messungen	87
3.4.1	Permit	87
3.4.2	Vermessung	88
3.4.3	2D/3D Reflexionsseismik	89
3.4.4	Bohrlochseismik (VSP, WSP, etc.)	93
3.5	Processing (Datenbearbeitung)	93
3.5.1	Arbeitsschritte	94
3.5.2	Werkzeuge	100
3.6	Interpretation und Modellierung	101
3.6.1	Zuordnung wichtiger geologischen Grenzen zu seismischen Reflektoren (Einhängung von Bohrungsergebnissen)	102
3.6.2	Zeit-Tiefen Wandlung	107
3.6.3	Erzeugung eines 3D Untergrundmodells (3D Zellen-Block- modell)	108
3.7	Festlegung der Bohrtargets und der Bohrpfade	109
3.7.1	Zielstrukturen	109
3.7.2	Festlegung der Bohrpfade	111
3.8	Geohydraulische und geothermische Simulation	112
3.8.1	Zielstellungen der Reservoirsimulation in Abhängigkeit von der Projektphase	112
3.8.2	Verfügbare Simulatoren	112
3.8.3	Modellgebiet sowie Rand- und Anfangsbedingungen	115
3.8.4	Parameterbelegung und Sensitivitätsanalyse	117
3.8.5	Modellkalibrierung	118
3.8.6	Prognose und Wärmebergbaugutachten	120
	Literatur	122

4	Mathematische Methoden	125
	Willi Freeden und Helga Nutz	
4.1	Einleitung	126
4.2	Potentialverfahren	131
4.2.1	Klassisches Gravimetrieproblem	131
4.2.2	Multiskalen Formulierung des Gravimetrieproblems	133
4.2.3	Skalendiskrete Waveletmodellierung des Gravimetrieproblems	136
4.2.4	Spline-Methodik zur Datenvervollständigung gravitativer Dateninformation	141
4.2.5	Gravitationssignaturen von Hotspots/Mantelplumes	144
4.2.6	Gravito-Magneto kombinierte Inversion	152
4.3	Seismische Erkundung	153
4.3.1	Seismische Aufzeichnung und Datengewinnung	153
4.3.2	Mathematische Grundlagen der Akustischen Wellenmodellierung	156
4.3.3	Skalendiskrete Waveletmodellierung von Wellenfeldpotentialen und Geschwindigkeitsstörungen	163
4.4	Transportvorgänge	174
4.4.1	Grundlegender physikalischer Hintergrund	174
4.4.2	Reservoir- und Strömungsmodelle	179
4.4.3	Hydrothermale Reservoir	180
4.4.4	Petrothermale Reservoir	182
4.4.5	Kontinuumsmodelle	183
4.4.6	Diskrete Modelle	187
4.4.7	Wärmetransport im porösen Medium	190
4.4.8	Wärmetransport im geklüfteten Medium	191
4.5	Spannungsfeld/Poroelastizität	195
4.6	Geomathematik – Ihre Rolle und Ihre Aufgaben in der Tiefen Geothermie	204
	Literatur	210
5	Hydrothermale Nutzung	223
	Johann Goldbrunner	
5.1	Einleitung	224
5.2	Regionale Beispiele	226
5.2.1	Süddeutsches und Oberösterreichisches Molassebecken	226
5.2.2	Beispiel für eine Nutzungsanlage: Geothermische Dublette Simbach-Braunau	236
5.3	Bedeutung der Kaskadennutzung	239
	Literatur	243

6	Petrothermale Nutzung und Stimulationsoptionen	245
	Rolf Bracke	
6.1	Geologische Charakterisierung	246
6.2	Entwicklung der petrothermalen Nutzungen	248
6.3	Stimulationsoptionen	251
6.3.1	Soultz-sous-Forêts	252
6.3.2	Groß Schönebeck	253
6.3.3	Landau/Oberrhein Graben	254
6.3.4	GeneSys-Bohrungen in Horstberg und in Hannover	256
6.4	Charakterisierung der zur Stimulation verwendeten Einsatzstoffe	257
6.4.1	Hydraulische Stimulation	257
6.4.2	Chemische Stimulation	257
6.4.3	Stimulation durch Stützmittelfracs	264
6.5	Gesellschaftliche und politische Herausforderungen	265
6.5.1	Schutz des genutzten Grundwassers bei Eingriffen in die Geosphäre	267
6.5.2	Petrothermale Nutzungen für die Energiewende auf dem Wärmemarkt	267
6.5.3	Abgrenzung zum Fracking für die Gewinnung unkonventioneller Kohlenwasserstoffe	268
6.5.4	Pilotprojekte zur weiteren Technologieentwicklung	270
6.5.5	Kommunikation und Information über Risiken und Chancen	271
	Literatur	272
7	Risikomanagement	275
	Hans Jacobi und Thomas Neu	
7.1	Einführung	276
7.2	Risikomanagement: Definition und Methoden	276
7.3	Identifikation potenzieller Risiken in der Tiefen Geothermie	278
7.4	Bewertung der Risiken	280
7.5	Maßnahmen zur Verringerung der Risiko-Eintrittswahrscheinlichkeit und der Schadensminimierung	282
7.6	Schlussbetrachtung	287
7.7	Anlagen	287
	Literatur	300
8	Bohrtechnik für Tiefbohrung	303
	Catalin Teodoriu und Gioia Falcone	
8.1	Die Tiefbohrung und ihre Definition	306
8.2	Die Bohrplanung	307
8.3	Der Bohrprozess	309
8.4	Mechanismen der Gesteinszerstörung	310

8.5	Die Bohranlage	311
8.6	Heben und Senken des Systems (Andruck an Meißel)	311
8.6.1	Mast oder Turm	311
8.6.2	Grundgerüst	311
8.6.3	Arbeitsbühne	314
8.6.4	Hebewerk	314
8.6.5	Fahrseile	314
8.6.6	Flaschenzug (Kronen- und Flaschenzugblock):	314
8.6.7	Haken	315
8.7	Das Drehsystem (Rotieren)	315
8.7.1	Dreh- oder Spülkopf	315
8.7.2	Mitnehmerstange	316
8.7.3	Drehtisch	316
8.7.4	Drehtischeinsatz (Kelly Bushing)	317
8.7.5	Abfangkeile	317
8.7.6	Top Drive	317
8.8	Spülungssystem (Zirkulation)	317
8.8.1	Tanks	319
8.8.2	Pumpen	319
8.8.3	Blow-Out-Preventer (BOP) System	319
8.8.4	Das Antriebssystem	320
8.8.5	Die Spülungstechnik und Spülungssysteme	320
8.8.6	Beherrschung des Bohrlochverlaufs: Navigation und Steuerung langer Bohrstränge	321
8.8.7	Navigation	323
8.8.8	Steuern	323
8.8.9	Bohrmeißel und Wahl des Bohrmeißels	324
8.8.10	Der Bohrstrang	326
8.8.11	Die Bohrgeschwindigkeit (Rate of Penetration – ROP)	326
8.8.12	Bohrlochkonstruktion (Verrohrung)	328
8.8.13	Bohrlochkomplettierung	332
8.9	Fazit	333
	Literatur	335
9	Bohrlochgeophysik	337
	Olaf Brenner und Hans-Joachim Rübel	
9.1	Geophysikalische Bohrlochmessungen	338
9.1.1	Einleitung – Begriffsbestimmungen	338
9.1.2	Was sind Bohrlochmessungen?	338
9.1.3	Warum Bohrlochmessungen in der Tiefen Geothermie?	339
9.1.4	Welche Bohrlochmessungen sind erforderlich?	341
9.1.5	Spezielle Messungen	341

9.1.6	Messprinzipien	342
9.1.7	Optionale Messungen	354
9.1.8	Messungen, die zusätzlich Informationen liefern für Störungen, Lithologie, Porosität, Hydrologie	354
9.1.9	Anwendungsbeispiele	354
9.2	Vertical Seismic Profiling (VSP-Messungen)	356
9.2.1	Was ist VSP?	356
9.2.2	Messgeräte	358
9.2.3	Kombination des Vertical-Seismic-Profilings mit der Reflexionsseismik	361
9.2.4	Kombination der Ergebnisse des VSP-Verfahrens unter Verwendung der Ergebnisse aus der Bohrlochgeophysik	363
	Literatur	363
10	Modernes Projektmanagement	365
	Peter Böttcher	
10.1	Einführung	366
10.1.1	Was ist Projektmanagement?	366
10.1.2	Wer benötigt Projektmanagement?	366
10.1.3	Projektmanagement für den Auftraggeber	367
10.2	Struktur des Projektmanagements	368
10.2.1	Die Bau-Beteiligten	368
10.2.2	Der Projektablauf	369
10.2.3	Aufgaben und Leistungen	369
10.3	Management von Projekten	375
10.3.1	Verantwortung	376
10.3.2	Organisation	376
10.3.3	Vergabe und Überwachung von Leistungen	376
10.3.4	Kommunikation	377
	Literatur	377
11	Umweltaspekte	379
	Jochen Kubiniok	
11.1	Rechtliche Situation	381
11.2	Voruntersuchungen/Vorerkundung und Prospektion	381
11.3	Einrichtung einer Geothermieranlage	382
11.3.1	Tiefbohrung	382
11.3.2	Hydraulische Stimulation (Fracking)	384
11.3.3	Einsatz und Entsorgung von aufgeheiztem Wasser bei Probeversuchen	388
11.3.4	Einrichtung der Stromgewinnungsanlage	388
11.3.5	Einrichtung von Fernwärmetrasse	389

11.3.6	Einrichtung von Stromleitungstrassen	389
11.4	Betrieb der Geothermieranlage	389
11.4.1	Stromgewinnungsanlage	389
11.4.2	Normalbetrieb Bohrung	391
11.4.3	Störfall im Kraftwerksbetrieb	391
11.5	Rückbau der Anlage	392
11.6	Fazit	392
	Literatur	394
12	Seismizität	397
	Ralf Fritschen und Horst Rüter	
12.1	Einführung	398
12.2	Natürliche Seismizität	400
12.2.1	Lokalmagnitude nach Richter (M_L)	402
12.2.2	Gutenberg-Richter-Beziehung	404
12.2.3	Bedeutung der natürlichen Seismizität bei der Betrachtung induzierter Seismizität	405
12.3	Emission oder Immission	406
12.3.1	Intensität	407
12.3.2	Schwinggeschwindigkeit (PGV)	407
12.4	Induzierte Seismizität	409
12.4.1	Fluidinduzierte Ereignisse	412
12.4.2	Das Spannungsfeld	412
12.4.3	Diskriminierung zwischen natürlichen und induzierten Ereignissen	415
12.4.4	Gefährdungsanalysen	415
12.5	Der kontrollierte Betrieb	419
12.5.1	Gutachterliche Begleitung	420
12.5.2	Seismische Überwachung	421
12.5.3	Reaktionsschemata	422
12.5.4	Hochfahren der Anlage	424
12.5.5	Einflussgrößen auf die Beherrschbarkeit (Stellschrauben)	425
	Literatur	426
13	Explorationsstrategie tiefer geothermischer Ressourcen am Beispiel des süddeutschen Oberjuras (Malm)	429
	Ulrich Steiner, Alexandros Savvatis, Franz Böhm und Achim Schubert	
13.1	Einleitung	431
13.2	Zur Geologie im Untersuchungsgebiet	432
13.3	Stand des geothermischen Wissens	433
13.4	Datengrundlage und methodischer Ansatz der integrierten Reservoiranalyse	435

13.5	Ergebnisse im Überblick	439
13.5.1	Lithofazies	439
13.5.2	Strukturgeologie	446
13.5.3	Hydraulik	450
13.6	Angepasste Explorationsstrategie	453
13.7	Ausblick	457
13.8	Danksagung	457
	Literatur	457
14	Explorationsstrategie tiefer geothermischer Ressourcen	
	am Beispiel des Norddeutschen Beckens	463
	Markus Wolfgramm, Matthias Franz und Thorsten Agemar	
14.1	Einleitung	465
14.1.1	Nutzungsformen	465
14.1.2	Explorationsgegenstand und Mindestanforderung an relevante Parameter	466
14.2	Regionale Geologie des Norddeutschen Beckens	468
14.2.1	Der tiefere Untergrund	468
14.2.2	Das Norddeutsche Becken (NDB)	469
14.3	Geothermische Aquifere im NDB	471
14.4	Geologisch-hydrogeologisches Modell, Numerische Simulation	474
14.5	Erkundung mittels regionalgeologischer Daten und Karten	474
14.5.1	Verbreitung der potentiellen Aquifere	475
14.5.2	Prognose der Mächtigkeit und Durchlässigkeit von Sandsteinen	476
14.5.3	Temperaturprognose	477
14.5.4	Prognose wasserchemischer Daten	481
14.6	Erkundung mittels Daten von Altbohrungen	483
14.6.1	Sedimentologie und Fazies	485
14.6.2	Petrographie und Diagenese der Sandsteine	490
14.6.3	Stressfeld, Spannungen und gesteinsphysikalische Eigenschaften	493
14.7	Geophysikalische Erkundung	495
14.8	Risikoabschätzung	497
14.9	Erkundungsbohrung	498
14.10	Komplettierung und Probetrieb	499
14.11	Diskussion zum Stand der Exploration im NDB	501
	Literatur	501
15	Genehmigungsverfahren von Geothermiekraftwerken	507
	Andreas Tschauder, Holsten Hübner und Edna Auer	
15.1	Aufsuchung	508
15.1.1	Konzessionsarten	509

15.1.2	Berechtsamsbuch und -karte	510
15.1.3	Antragsunterlagen für die Erlaubnis	511
15.1.4	Konkurrenzanträge	511
15.1.5	Schutz des Erlaubnisinhabers	512
15.2	Betriebsplanpflicht	512
15.3	Betriebsplanarten	514
15.3.1	Rahmenbetriebsplan	514
15.3.2	Hauptbetriebsplan	515
15.3.3	Sonderbetriebsplan	516
15.3.4	Abschlussbetriebsplan	516
15.3.5	Gemeinschaftlicher Betriebsplan	516
15.4	Betriebsplan für die Aufsuchung	517
15.5	Festlegung der Bohrstandorte	518
15.5.1	Baurechtliche Voraussetzungen	518
15.5.2	Beteiligung der Öffentlichkeit	519
15.5.3	Bauvoranfrage	520
15.6	Privatrechtliche Nutzungsvereinbarung	520
15.7	Sonderbetriebspläne für die Aufsuchungsbohrung	521
15.8	Gewinnung	522
15.8.1	Bewilligung	523
15.8.2	Privatrechtliche Nutzung des Oberflächengrundstückes	523
15.8.3	Betriebsplanverfahren Gewinnung	523
15.8.4	Beweissicherung und Regulierung von Bergschäden	525
15.8.5	Baurechtliche Genehmigung	525
16	Finanzierung	527
	Hanns-Joachim Garms	
16.1	Einleitung	528
16.2	Rahmenbedingungen	528
16.3	Finanzierungsinstrumente	531
16.4	Charakteristik von Tiefengeothermieprojekten	532
16.5	Anforderung an die Projektentwicklung	537
16.6	Grundlagen für die Strukturierung einer Finanzierung	538
16.7	Schlussbemerkung	541
17	Fördermöglichkeiten	543
	Sonja Stockhausen und Jessica Grünitz	
17.1	Einleitung	544
17.2	Förderstrukturen	545
17.3	Antragsverfahren	547
17.4	Rahmenbedingungen der Innovationsförderung	549
17.5	Entwicklung und Potenziale der F & E-Geothermieförderung	553

17.6	Schlussbemerkung	557
	Literatur	558
18	Tiefengrundwassercharakteristik und hydrochemische Untersuchung	559
	Jochen Schneider, Lena Eggeling und Annalena Hesshaus	
18.1	Einleitung	560
18.2	Die Bedeutung der Analytik während des Anlagenbaus	561
18.2.1	Vorerkundung	561
18.2.2	Reservoirerschließung	563
18.2.3	Bau der obertägigen Installationen	566
18.2.4	Betrieb der Anlage	567
18.3	Chemische, physikalische und biologische Parameter	568
18.3.1	Vor-Ort-Untersuchungen	570
18.3.2	Hydrochemie	570
18.3.3	Isotopenhydrologische Untersuchungen	573
18.3.4	Gasphysikalische Untersuchungen	579
18.3.5	Physikalische Parameter	580
18.3.6	Mikrobiologische Untersuchungen	580
18.4	Zusammensetzung der Tiefengrundwässer in den geothermischen Provinzen in Deutschland	581
18.4.1	Bayerisches Molassebecken	581
18.4.2	Oberrheingraben	584
18.4.3	Norddeutsches Becken	588
	Literatur	591
19	Schädigung der Verrohrung und der Zementation geothermischer Bohrungen und Werkstoffempfehlungen	595
	Carsten David Fichter	
19.1	Einleitung	596
19.2	Aufbau des Primärkreislaufs	597
19.3	Verrohrungswerkstoffe	598
19.4	Zementation	601
19.5	Schädigung der Verrohrung und der Zementation	601
19.6	Werkstoffwahl	605
19.7	Resümee	607
	Literatur	607
20	Hydraulische Untersuchungen	609
	Wolfgang Alt und René Kahnt	
20.1	Einführung	611
20.2	Grundsätzliche Betrachtung und Zielsetzung hydraulischer Untersuchungsverfahren	612

20.3	Testverfahren	614
20.3.1	Pumptest	614
20.3.2	Injektionstest	615
20.3.3	Packertests	616
20.3.4	WD-Tests	616
20.3.5	Fluid-Logging-Verfahren	616
20.3.6	Slug/Bail-Test	617
20.3.7	Pulse-Test	617
20.3.8	Drill-Stem-Test	617
20.4	Genehmigungsrechtliche Aspekte	618
20.5	Planung von Testarbeiten	619
20.5.1	Fördermengen und Dauer der Fördertests	619
20.5.2	Zusammensetzung des geförderten Thermalwassers und Ableitung in das öffentliche Kanalnetz sowie in die Vorflut	621
20.5.3	Optimierung des Thermalwassermanagements, der Speicherbecken und Prognose der Zusammensetzung des Thermalwassers	622
20.6	Monitoring und Überwachung von Testarbeiten	628
20.6.1	Allgemeine Aspekte	628
20.6.2	Übertage-Monitoring	629
20.6.3	In-Bohrloch- bzw. Untertage-Monitoring	631
20.7	Auswertung von Testarbeiten	634
20.7.1	Grundsätzliche Aspekte	634
20.7.2	Grundlagen zur Auswertung von Pump- und Wiederansteigs- tests	635
20.7.3	Kurzzeit-Produktivitätsindex	641
20.7.4	Identifikation von Zuflusszonen	645
20.8	Prognose von Fördertemperatur und Fördermengen	648
20.8.1	Prognose Fördertemperatur	648
20.8.2	Prognose Fördermenge	652
20.9	Zusatzinformationen	655
	Literatur	656
21	Förderpumpen in der Geothermie	659
	Aike van Douwe, Hubert Hegele, Peter Iberl, Ulrich Martin, Andreas Utz und Thorsten Weimann	
21.1	Betrachtung Thermalwasserkreislauf	661
21.1.1	Anforderungen	661
21.1.2	Auslegungsgrundlagen	661
21.1.3	Bauteile	662
21.2	Status Quo Pumpentechnik	665
21.2.1	Einsatzgebiete	665

21.3	Technische Anforderungen und Lösungen (Pumpe)	667
21.3.1	Gestängepumpen (Line-Shaft-Pumps LSP)	668
21.3.2	Tauschkreiselpumpen (Electric-Submersible-Pumps TKP) . .	668
21.4	Betrieb	669
21.4.1	Ein- und Ausbau	669
21.4.2	An- und Abfahren (Teillastbetrieb)	671
21.5	Schadensmechanismen	672
21.5.1	Mechanische Probleme	672
21.5.2	Thermische Probleme	672
21.5.3	Elektrische Probleme	673
21.6	Korrosion	673
21.6.1	Metallische Werkstoffarten	674
21.6.2	Korrosionsmechanismen	675
21.6.3	Korrosion in den deutschen Geothermieregionen	676
21.6.4	Zusammenfassung Korrosion	680
21.7	Aufgabenstellung Zukunft	681
21.7.1	Forschungsprojekte für Förderpumpen in der Tiefen Geothermie	681
21.7.2	Lebensdauer	681
21.7.3	Steigerung Wirkungsgrad	681
	Literatur	683
22	Kraftwerkstechnik	689
	Dieter Brüggemann und Florian Heberle	
22.1	Übersicht geothermischer Kraftwerksysteme	690
22.2	Systeme für Niederenenthalpie-Lagerstätten	692
22.2.1	Ausbaustand in Deutschland	693
22.2.2	Organic Rankine Cycle in der geothermischen Anwendung . .	693
22.2.3	Kalina Cycle	706
22.3	Gesellschaftliche und politische Aspekte	710
	Literatur	711
23	Wärmenutzung	715
	Stefan Rothörl	
23.1	Wärmenutzung durch Tiefe Geothermie am Beispiel der Erdwärme Grünwald GmbH, Landkreis München	716
23.2	Geothermie hat viele Vorteile	726
23.3	Fazit	738
24	Kommunikation und Akzeptanz	739
	Markus Frey	
24.1	Einleitung	740

24.2	Verhalten und Einstellung zu Tiefer Geothermie	741
24.2.1	Annahmen zu Akzeptanzfaktoren Tiefer Geothermie	743
24.2.2	Bedeutung des wahrgenommenen Nutzens	744
24.2.3	Risikowahrnehmung	745
24.2.4	Risiko-Kommunikation Tiefe Geothermie: Vertrauen als Ergebnis von Positionierung und Transparenz	745
24.3	Exkurs: Wahrnehmung von Ängsten in einer Krise	747
24.4	Vertrauensvolle Kommunikation von Anfang an	749
24.5	Akzeptabilität als Vorstufe gesellschaftlicher Akzeptanz?	751
24.5.1	Aktive Bürgerbeteiligung	752
24.5.2	Regionale Wertschöpfung als möglicher Baustein zur Verbes- serung der Akzeptanz Tiefer Geothermie?	753
24.5.3	Power-to-Gas (EE-Gas)	754
24.5.4	Private Beteiligungsmodelle	756
24.6	Medienarbeit 2.0: Neue Instrumente für die Öffentlichkeitsarbeit	757
24.7	Kommunikationsanlässe	760
24.7.1	Web 2.0: Mit RSS Feeds Informationen zur Holschuld machen	761
24.7.2	Podcasts	762
24.8	Wissenschaftliche Forschung: Akzeptanz	762
24.9	Zusammenfassung Kommunikation in Kürze	763
	Literatur	764
25	Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz	767
	Mathias Bauer	
25.1	Vorbemerkungen zu Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz	768
25.2	Gründe/Argumente für Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz	770
25.3	Grundlagen der Arbeits- und Sicherheitswissenschaft	771
25.4	Arbeits- und Gesundheitsschutzrecht	774
25.5	Gefährdungen und Belastungen bei Tiefer Geothermie	780
25.6	Arbeits- und Gesundheitsschutzmanagementsystem	785
	Literatur	787
26	Geothermiebranche Deutschland	791
	Hubert Hegele und Erwin Knappek	
26.1	Einleitung	792
26.2	Grundzüge der Geothermiebranche in Deutschland	793
26.3	Evaluierung der Geothermiebranche	793
26.4	Analyse der Unternehmen	795
26.4.1	Unternehmensgröße und Beschäftigte	795
26.4.2	Brancheneintritte und Unternehmensverteilung	797
26.5	Wert der Tiefen Geothermie für Unternehmen	799
26.6	Forschung und Entwicklung	802

26.7	Zukunftsausblick	804
26.8	Resümee	809
26.9	Perspektiven der Tiefen Geothermie	810
	Literatur	811
27	Geothermie weltweit	813
	Marietta Sander	
27.1	Einleitung	814
27.2	Erneuerbare Energien Daten und Fakten weltweit	814
27.3	Geothermie Entwicklung weltweit	815
27.4	Regionale Entwicklungstrends	818
	27.4.1 Afrika	818
	27.4.2 Nordamerika	820
	27.4.3 Lateinamerika	821
	27.4.4 Asien, Ozeanien, Pazifik	824
	27.4.5 Europa	826
27.5	Technologische Entwicklungstrends	828
27.6	International Geothermal Association	830
	Literatur	832
28	Ausblick: Herausforderungen, Chancen und Perspektiven	835
	Mathias Bauer, Willi Freeden, Hans Jacobi und Thomas Neu	
	Literatur	841
	Sachverzeichnis	843

Handbuch Tiefe Geothermie

Prospektion, Exploration, Realisierung, Nutzung

Bauer, M.; Freeden, W.; Jacobi, H.; Neu, Th. (Hrsg.)

2014, XXXII, 854 S. 333 Abb., 264 Abb. in Farbe.,

Hardcover

ISBN: 978-3-642-54510-8