

INHALT

Einleitung.....	1
1. Physikalische Grundlagen zur Wärmeleitung.....	4
1.1 Temperatur und Temperaturgradient.....	4
1.2 Wärmeflußdichte, Wärme- und Temperaturleitfähigkeit.....	5
1.3 Die Wärmeleitungsgleichung.....	6
2. Thermische Eigenschaften von gebirgsbildenden Gesteinen.....	10
2.1 Die Wärmeleitfähigkeit.....	10
2.1.1 Temperatureinfluß auf die Wärmeleitfähigkeit.....	11
2.1.2 Druckeinfluß auf die Wärmeleitfähigkeit.....	13
2.1.3 Wärmeleitfähigkeit anisotroper Körper.....	14
2.1.4 Wärmeleitfähigkeit poröser Gesteine.....	15
2.2 Die spezifische Wärme.....	17
2.3 Die radiogene Wärmeproduktion.....	18
2.3.1 Die Gesteinsradioaktivität an der Erdoberfläche.....	18
2.3.2 Methoden zur Abschätzung der radiogenen Wärmeproduktion im Erdinnern..	20
3. Analytische Behandlung von konduktiven Temperaturengleichsvorgängen in der Erdkruste.....	25
3.1 Temperaturengleich im homogenen Halbraum.....	26
3.1.1 Der Halbraum mit einer Grenzfläche..	26
3.1.2 Untergrund mit Lavabedeckung.....	28
3.2 Temperaturengleich im Modellkörpern.....	30
3.2.1 Abkühlung von Eruptivgängen.....	30
3.2.2 Abkühlung von kugelförmigen Intrusionen.....	32
3.2.3 Abkühlung von quaderförmigen Intrusionen.....	34
4. Der thermische Zustand des Erdinnern.....	36
4.1 Der thermische Zustand der oberen Erdkruste.....	36
4.1.1 Der Einfluß von Klimaschwankungen auf die Oberflächentemperatur.....	37
4.1.1.1 Der Tages- und Jahresgang der Oberflächentemperatur.....	38

4.1.1.2	Langfristige Temperatur- schwankungen.....	40
4.1.2	Der topographische Einfluß auf das Temperaturfeld im Untergrund.....	42
4.1.3	Veränderungen des Temperaturfeldes durch Wasserbewegungen.....	44
4.1.4	Das Temperaturfeld in verschieden- artigen geologischen Strukturen.....	49
4.1.5	Die terrestrische Wärmeflußdichte....	52
4.1.5.1	Die regionale Variation der Wärmeflußdichte.....	53
4.1.5.2	Die zeitliche Variation der Wärmeflußdichte.....	60
4.2	Der thermische Zustand in der unteren Kruste und im tieferen Erdinnern.....	62
4.2.1	Der thermische Zustand in der unteren Kruste und im oberen Mantel.....	62
4.2.2	Zum thermischen Zustand des unteren Erdmantels.....	65
4.2.3	Zum thermischen Zustand des Erdkerns.	67
4.3	Thermische Aspekte bei der Plattentektonik	69
5.	Methoden der Temperaturermittlung.....	73
5.1	Geothermometer zur Bestimmung von Reaktions- temperaturen.....	73
5.1.1	Lösungsgleichgewichte als Temperatur- indikatoren.....	74
5.1.1.1	Das SiO ₂ -Thermometer.....	74
5.1.1.2	Das Na-K-Ca-Thermometer.....	77
5.1.2	Isotopenverhältnisse als Geothermo- meter.....	78
5.1.3	Spurenelemente in Salzen und Erzen..	80
5.1.4	Das Granat-Pyroxen-Thermometer.....	84
5.1.5	Der Inkohlungsgrad organischer Ein- schlüsse in Sedimentgesteinen.....	86
5.2	Geophysikalische Methoden der Temperatur- bestimmung.....	90
5.2.1	Direkte Messung an der Oberfläche und im Bohrloch.....	91
5.2.2	Indirekte Verfahren zur Ermittlung der Temperatur.....	96
5.2.2.1	Temperaturermittlung aus gravimetrischen Messungen... ..	96
5.2.2.2	Temperaturermittlung aus geoelektrischen Messungen... ..	98
5.2.2.3	Ergebnisse der Magneto- tellurik als Temperaturindi- katoren.....	100
5.2.2.4	Die CURIE-Fläche als Iso- therme.....	101
5.2.2.5	Temperaturermittlung aus seismischen Ergebnissen.....	102

6. Erdwärme als Energiequelle.....	104
6.1 Prospektionsmethoden auf Wärmereservoir.....	105
6.1.1 Geochemische und geologische Methoden.....	105
6.1.1.1 Kartierung hydrothermaler Gesteinsveränderungen.....	105
6.1.1.2 Thermalwasseruntersuchungen.....	106
6.1.1.3 Spurenelemente im Boden.....	108
6.1.1.4 Veränderung kohligler Sub- stanzen im Sedimentgestein.....	110
6.1.2 Geophysikalische Methoden.....	111
6.1.2.1 Infrarotmessungen.....	111
6.1.2.2 Messungen der Oberflächen- temperatur und der Wärme- flußdichte.....	112
6.1.2.3 Gravimetrische Messungen.....	116
6.1.2.4 Geoelektrische Messungen.....	117
6.1.2.5 Seismische Methoden.....	120
6.2 Nutzung der geothermischen Energie.....	121
6.2.1 Thermalwassernutzung in Bädern	122
6.2.2 Thermalwässer zur Raumbeheizung	124
6.2.3 Umwandlung in elektrische Energie..	126
6.2.3.1 Nutzung von Dampfvorkommen.....	127
6.2.3.2 Trockene heiße Gesteine als Energiequelle.....	129
6.2.3.3 Nutzung von heißem Wasser..	131
6.2.4 Umweltbelastung bei der Nutzung geothermischer Energie.....	131
7. Anhang.....	134
8. Literaturverzeichnis.....	135
9. Sachregister.....	151