

Michel Cara

Geophysik

Unterstützt vom französischen Kultusministerium
Übersetzt von Christian Bucker

Mit 71 Abbildungen

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo
HongKong Barcelona
Budapest

Inhaltsverzeichnis

1	Physikalische Methoden zur Untersuchung des Erdinneren	1
1.1	Mechanische Eigenschaften der Gesteine	1
•1.1.1	Uniaxiale Deformation	1
1.1.2	Der Spannungstensor in drei Dimensionen	2
1.1.3	Der Deformationstensor in drei Dimensionen	5
1.1.4	Lineare Elastizität	7
1.1.5	Die Viskoelastizität	9
1.1.6	Elastische Wellen	12
1.1.7	Dämpfung der seismischen Wellen	17
1.2	Die Dichte und das Schwerfeld	18
1.2.1	Die Dichte	18
1.2.2	Das Schwerfeld	20
1.2.3	Reduktionen in der Gravimetrie	21
1.2.4	Potential und Gravitationsfeld	26
1.3	Elektrische und magnetische Eigenschaften der Erde	28
1.3.1	Die elektrische Leitfähigkeit und das Ohmsche Gesetz	28
1.3.2	Magnetisches Dipolmoment, induzierte und remanente Magnetisierung	31
1.3.3	Elektromagnetische Induktion	39
2	Seismologie	43
2.1	Erdbeben	44
2.1.1	Die makroseismische Intensität	45
2.1.2	Die Richter-Skala	48
2.1.3	Seismisches Moment und seismischer Bewegungstensor	50
2.1.4	Mechanismen im Erdbebenherd	54
2.2	Raumwellen	58
2.2.1	Beispiele für Seismogramme	58
2.2.2	Berechnung der Laufzeitkurven bei horizontaler Schichtung	62
2.2.3	Das Herglotz-Wiechert-Verfahren: ein Beispiel für die inverse Methode	65
2.2.4	Strahlenverlauf in einer kugelförmigen Struktur	67
2.2.5	Teleseismische Tomographie	71
2.3	Geführte Wellen und Eigenschwingungen der Erde	73

VI

2.3.1	Rayleigh-Wellen	74
2.3.2	Die Eigenschwingungen der Erde	78
3	Gravimetrie und Geodäsie	83
3.1	Das Gravitationsfeld der Erde	83
3.1.1	Das Clairautsche Theorem	85
3.1.2	Referenzellipsoid und Geoid	87
3.2	Die Anomalien des Schwerfeldes	89
3.2.1	Bouguer-Anomalie	89
3.2.2	Isostatische Anomalie	90
3.2.3	Erforschung tieferer Schichten: Beispiel einer Punktmasse	92
3.3	Geoid und Satellitengeodäsie	94
3.3.1	Globale Darstellung des Geoids	94
3.3.2	Beitrag der Meßwerte aus der Altimetrie	96
3.3.3	Anmerkungen zu den vom Erdmantel hervorgerufenen Geoidanomalien	98
3.3.4	Tektonische Deformationen	99
4	Geomagnetik	101
4.1	Das Magnetfeld der Erde	102
4.1.1	Globale Analyse nach Gauß	102
4.1.2	Dipolfeld und Nicht-Dipolfeld	105
4.1.3	Der Ursprung des Erdmagnetfeldes	106
4.1.4	Die Dynamo-Theorie	108
4.1.5	Umkehrungen des Erdmagnetfeldes	110
4.2	Zeitliche Variationen und elektrische Leitfähigkeit	112
4.2.1	Das Spektrum zeitlicher Variationen	113
4.2.2	Magnetotellurik	113
4.2.3	Die Leitfähigkeit des Erdmantels	115
4.3	Räumliche Anomalien des Erdmagnetfeldes	117
4.3.1	Von geneigten Dipolen erzeugte Anomalien	117
4.3.2	Karten magnetischer Anomalien	118
5	Angewandte Geophysik	121
5.1	Die geophysikalische Prospektion	121
5.2	Einige Beispiele für die Anwendung geophysikalischer Methoden	123
5.2.1	Naturgefahren	123
5.2.2	Deponien und Endlagerung	125
5.2.3	Detektion von nuklearen Sprengungen	126
5.2.4	Das geophysikalische Instrumentarium	127
5.3	Seismische Prospektion	130
5.3.1	Reflexion ebener Wellen bei vertikalem Einfallswinkel	130
5.3.2	Reflexion und Refraktion seismischer Wellen bei schrägem Einfall	134
5.3.3	Refraktionsseismik	137

5.3.4	Reflexionsseismik	140
5.3.5	Seismische Bohrlochmessungen	146
5.4	Gravimetrie	147
5.5	Elektrische und elektromagnetische Prospektion	149
5.5.1	Elektrische Prospektion	150
5.5.2	Elektromagnetische Prospektion	152
6	Modelle des Erdinneren	159
6.1	Die Erdkruste	160
6.2	Der Erdmantel	162
6.2.1	Der obere und der untere Erdmantel	164
6.2.2	Die Dichte	165
6.2.3	Die Übergangszone zwischen oberem und unterem Erdmantel	167
6.2.4	Niedriggeschwindigkeitszone und Asthenosphäre	169
6.2.5	Anisotropie seismischer Geschwindigkeiten	172
6.2.6	Seismische Tomographie	173
6.3	Der Erdkern	175
6.3.1	Die seismische Struktur des Erdkerns	175
6.3.2	Der Erdkern und die Temperatur im Mittelpunkt der Erde	176
7	Mathematische Grundlagen der Geophysik	179
7.1	Skalare, Vektoren, Matrizen und Tensoren	180
7.1.1	Das skalare Feld	180
7.1.2	Das Vektorfeld	180
7.1.3	Matrizen	183
7.1.4	Tensorfelder	185
7.2	Methode der kleinsten Fehlerquadrate und nichtlineare Regression	185
7.3	Lineare Filterverfahren und Fourier-Transformierte	189
7.4	Harmonische Kugelfunktionen	191
7.4.1	Lösungen der Laplace-Gleichung in kartesischen Koordinaten	191
7.4.2	Transformationen der polynominalen Lösungen in Kugelkoordinaten	192
7.4.3	Laplace-Gleichung und harmonische Kugelfunktionen	194
7.5	Sphärische Trigonometrie	195
7.6	Schlußfolgerung	197
	Lösungen der Aufgaben	199
	Literatur	201
	Sachverzeichnis	207