

Inhaltsverzeichnis

Über den Autor	XV
1 Grundsätzliches zur Geophysik, zur Lage der Erde im Weltall, zu ihrer stofflichen Zusammensetzung und ihrem inneren Aufbau	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Was ist Geophysik?	2
1.3 Zum Gebrauch von Formeln	10
1.4 Die Erde im Weltall	13
1.5 Aufbau der Erde	24
1.6 Aufgaben und Fragen	30
Ausgewählte Lehrbücher und Nachschlagewerke zur Vertiefung	30
2 Radioaktiver Zerfall und das Alter von Gesteinen	31
2.1 Isotope, Radioaktivität und Zerfallsprozesse	33
2.2 Methoden der physikalischen Altersbestimmung	38
2.2.1 Zerfalls- und Akkumulationsuhren aus dem Häufigkeitsverhältnis von Eltern- und Tochterisotopen	38
2.2.1.1 Isochronen-Methode beim einfachen Zerfall	38
2.2.1.2 Isochronen-Methode beim verzweigten Zerfall	40
2.2.1.3 Zerfallsreihen	41
2.2.2 Datierung mit kosmischen Radionukliden	45
2.2.3 Datierung mit radioaktiven Ungleichgewichten	46
2.2.4 Akkumulationsuhren auf der Grundlage von Strahlenschädigungen	48
2.2.5 Datierung mit Jahresmarkierungen stabiler Isotope	49
2.3 Aufgaben und Fragen	52
Ausgewählte Lehrbücher und Nachschlagewerke zur Vertiefung	53
3 Erdbeben und die Struktur der Erde	55
3.1 Seismische Wellen und ihre Wechselwirkung mit der Materie und den inneren Grenzflächen der Erde	62
3.1.1 Wellen im täglichen Leben	62
3.1.2 Elastizität	63
3.1.3 Elastische Wellen	65
3.1.4 Energie und Energiedichte einer seismischen Welle	71
3.1.5 Dämpfung seismischer Wellen	71
3.1.6 Reflexion und Brechung seismischer Wellen an Grenzflächen	72
3.1.7 Seismometer	75
3.2 Ausbreitung von Erdbebenwellen	78
3.2.1 Inversion von Laufzeitkurven zur Bestimmung einer radialen Geschwindigkeitsverteilung in der Erde	81

3.2.2	Bestimmung von Grenzflächen in der Erde aus der charakteristischen Antwortfunktion (receiver function) seismischer Stationen	83
3.2.3	Seismische Tomografie zur Abbildung innerer Strukturen der Erde . .	86
3.2.4	Bestimmung der Entfernung zum Epizentrum eines Erdbebens	91
3.2.5	Herdmechanismen von Erdbeben und deren geodynamische Deutung . .	95
3.2.6	Bestimmung der Stärke von Erdbeben	99
3.2.7	Überwachung des internationalen Kernwaffenteststopp-Abkommens	111
3.3	Eigenschwingungen von Erde und Sonne	113
3.3.1	Kugelfunktionsanalyse	115
3.3.2	Eigenschwingungen der Erde	118
3.3.3	Helio- und Astroseismologie	127
3.3.3.1	Globale Helioseismologie: Analyse solarer Eigenschwingungen	131
3.3.3.2	Lokale Helioseismologie: Laufzeitkurven und Ringdiagramme	134
3.4	Aufgaben und Fragen	136
	Ausgewählte Lehrbücher und Nachschlagewerke zur Vertiefung	136
4	Schwerefeld und Figur der Erde	139
4.1	Gravitation, Erdumdrehung und Gezeiten	143
4.1.1	Gravitationspotenzial	144
4.1.2	Erdumdrehung	146
4.1.3	Gezeiten	147
4.1.4	Änderungen von Erdumdrehung und Erdumlauf um die Sonne	152
4.1.5	Coriolis- und Eötvös-Beschleunigung	158
4.2	Schwerepotenzial und Geoid	160
4.2.1	Lösung der Laplace-Gleichung für das Gravitationspotenzial und Entwicklung nach Kugelfunktionen	160
4.2.2	Entwicklung des Geooids nach Kugelfunktionen	165
4.3	Schwereanomalien, Schwerereduktion und Isostasie	170
4.3.1	Korrektur und Reduktion von Messwerten der Schwerkraftbeschleunigung	170
4.3.1.1	Korrektur zeitlicher Variationen: Instrumentengang und Gezeiten	171
4.3.1.2	Die Breitenabhängigkeit der Normalschwere γ_0	171
4.3.1.3	Höhenreduktionen: Freiluftreduktion δg_F und Geländereduktion δg_T	171
4.3.1.4	Bouguer-Reduktion δg_B und atmosphärische Reduktion δg_A	176
4.3.2	Globale und regionale Schwerkraftanomalien	178
4.3.3	Isostasie und geodynamische Aspekte	181
4.4	Aufgaben und Fragen	188
	Ausgewählte Lehrbücher und Nachschlagewerke zur Vertiefung	189
5	Magnetfeld und Magnetosphäre der Erde	191
5.1	Komponenten und Struktur des Erdmagnetfelds	198
5.2	Quellen des Erdmagnetfelds	205
5.2.1	Der Geodynamo	205
5.2.2	Die Magnetosphäre der Erde	213
5.2.3	Das elektrische Feld der Erde	222
5.3	Entwicklung des Erdmagnetfelds nach inneren und äußeren Quellen	223
5.3.1	Entwicklung des Erdmagnetfelds nach Kugelfunktionen	224
5.3.2	Aktuelle Modelle des erdmagnetischen Hauptfelds und magnetische Anomalien	227

5.4	Magnetische Eigenschaften von Gesteinen	234
5.4.1	Induzierte Magnetisierung	234
5.4.2	Diamagnetismus	235
5.4.3	Paramagnetismus	235
5.4.4	Ferro- (Ferri-)Magnetismus	236
5.4.5	Remanente Magnetisierung	238
5.5	Gesteinsmagnetismus	238
5.5.1	Magnetisierung von Gesteinen	238
5.6	Paläomagnetik: Polwanderung und Feldumkehr	242
5.6.1	Methoden der Paläomagnetik	242
5.6.2	Polwanderkurven	244
5.7	Aufgaben und Fragen	246
	Ausgewählte Lehrbücher und Nachschlagewerke zur Vertiefung	247
6	Wärme und Temperaturfeld der Erde	249
6.1	Wärmetransport in der Erde	251
6.1.1	Thermodynamische Grundlagen	251
6.1.2	Grundlagen des Wärmetransports in der Erde	255
6.1.2.1	Erhaltung von Masse	255
6.1.2.2	Erhaltung von Energie	256
6.1.3	Die thermische Struktur der Erde	258
6.2	Thermische Energiebilanz der Erde	260
6.2.1	Wärmequellen	260
6.2.1.1	Äußere Quellen	261
6.2.1.2	Innere Quellen	262
6.2.2	Wärmesenken	268
6.2.3	Wärmebilanz der Erde	270
6.3	Wärmespeicherung, Wärmeproduktion und Wärmetransport in der festen Erde	270
6.3.1	Wärmespeicherung	271
6.3.1.1	Wärmekapazität	271
6.3.1.2	Latente Wärme	275
6.3.1.3	Volumenbezogene thermische Kapazität	277
6.3.2	Radiogene Wärmeproduktion	277
6.3.3	Wärmeleitung und Wärmediffusion	279
6.3.3.1	Wärmeleitfähigkeit	280
6.3.3.2	Strahlungs-Wärmeleitfähigkeit	284
6.3.3.3	Variation der effektiven Gesteins-Wärmeleitfähigkeit mit der Temperatur	286
6.3.3.4	Thermische Diffusivität	288
6.4	Der thermische Zustand von Erdkern und Erdmantel	290
6.4.1	Konvektion im äußeren Erdkern	290
6.4.2	Konvektion im Erdmantel	294
6.5	Der thermische Zustand der Erdkruste	300
6.5.1	Globale Variation des terrestrischen Wärmestroms	300
6.5.2	Verteilung radioaktiver Quellen mit der Tiefe	301
6.5.3	Paläoklima	304
6.5.4	Auskühlung ozeanischer Lithosphäre	314
6.5.5	Wärmeadvektion als Maß für Strömung	321
6.5.5.1	Bestimmung vertikaler Fließraten mit Péclet-Zahl-Analysen von Temperaturprofilen	322
6.5.5.2	Dimensionsanalyse thermischer Systeme	323
6.5.5.3	Freie Konvektion in porösem Gestein	324

6.6 Aufgaben und Fragen	327
Ausgewählte Lehrbücher	
und Nachschlagewerke zur Vertiefung	328
7 Anhang	329
7.1 Geologische Zeittafeln und Periodensystem der Elemente	329
7.2 Allgemeine Bezugsdaten, Umrechnungsfaktoren und Naturkonstanten	342
7.3 Vorsicht bei großen Zahlen: Abkürzung, Präfixe und Namen für Vielfache und Bruchteile von Zehn in verschiedenen Sprachen	348
7.4 Einige Rechenregeln für Vektoren und Tensoren	349
7.5 Die Fehlerfunktion	351
7.6 Legendre-Transformation	351
7.7 Seismische Intensitätsskala EMS-98	353
7.8 Antwortfunktion eines Seismometers	353
7.9 Erzeugung eines zum mittleren Magnetfeld parallelen, turbulenten Magnetfelds (α -Effekt)	353
7.10 Gleichungen der Hydrodynamik	354
7.10.1 Die eulersche Bewegungsgleichung einer idealen Flüssigkeit	354
7.10.2 Die Navier-Stokes-Gleichung der Strömung einer zähen Flüssigkeit	355
7.10.3 Stokes-Strömung	358
7.10.4 Oberbeck-Boussinesq-Näherung	359
7.11 Gleichungen der Hydrothermik	361
7.11.1 Energietransport in zähen Fluiden	361
7.11.2 Beheizung oder Kühlung eines homogenen Halbraums von oben	364
7.11.3 Einsetzen freier Konvektion – lineare Stabilitätsanalyse	365
7.11.4 Wassertiefe über einer isostatisch ausgeglichenen, von oben gekühlten Lithosphärenplatte endlicher Dicke	367
8 Antworten zu den Fragen und Lösungen der Aufgaben	369
Liste der verwendeten Symbole und Schreibweisen	381
Zitierte Literatur	389
Sachverzeichnis	403