

Inhaltsverzeichnis

1	Grundsätzliches zur Geophysik, zur Lage der Erde im Weltall, zu ihrer stofflichen Zusammensetzung und ihrem inneren Aufbau	1
1.1	Einleitung	2
1.2	Was ist Geophysik?	3
1.3	Zum Gebrauch von Formeln	11
1.4	Die Erde im Weltall	14
1.5	Aufbau der Erde	26
1.6	Aufgaben und Fragen	32
	Ausgewählte Lehrbücher und Nachschlagewerke zur Vertiefung	32
2	Radioaktiver Zerfall und das Alter von Gesteinen	33
2.1	Isotope, Radioaktivität und Zerfallsprozesse	36
2.2	Methoden der physikalischen Altersbestimmung	40
2.2.1	Zerfalls- und Akkumulationsuhren aus dem Häufigkeitsverhältnis von Eltern- und Tochterisotopen	41
2.2.1.1	Isochronen-Methode beim einfachen Zerfall	41
2.2.1.2	Isochronen-Methode beim verzweigten Zerfall	42
2.2.1.3	Zerfallsreihen	44
2.2.2	Datierung mit kosmischen Radionukliden	47
2.2.3	Datierung mit radioaktiven Ungleichgewichten	49
2.2.4	Akkumulationsuhren auf der Grundlage von Strahlenschädigungen	51
2.2.5	Datierung mit Jahresmarkierungen stabiler Isotope	52
2.3	Aufgaben und Fragen	54
	Ausgewählte Lehrbücher und Nachschlagewerke zur Vertiefung	56
3	Erdbeben und die Struktur der Erde	57
3.1	Seismische Wellen und ihre Wechselwirkung mit der Materie und den inneren Grenzflächen der Erde	65
3.1.1	Wellen im täglichen Leben	65
3.1.2	Elastizität	66
3.1.3	Elastische Wellen	68
3.1.4	Energie und Energiedichte einer seismischen Welle	74
3.1.5	Dämpfung seismischer Wellen	74
3.1.6	Reflexion und Brechung seismischer Wellen an Grenzflächen	75
3.1.7	Seismometer	78
3.2	Ausbreitung von Erdbebenwellen	81
3.2.1	Inversion von Laufzeitkurven zur Bestimmung einer radialen Geschwindigkeitsverteilung in der Erde	85
3.2.2	Bestimmung von Grenzflächen in der Erde aus der charakteristischen Antwortfunktion (<i>receiver function</i>) seismischer Stationen	85
3.2.3	Seismische Tomografie zur Abbildung innerer Strukturen der Erde	89
3.2.4	Bestimmung der Entfernung zum Epizentrum eines Erdbebens	94
3.2.5	Herdmechanismen von Erdbeben und deren geodynamische Deutung	98
3.2.6	Bestimmung der Stärke von Erdbeben	102
3.2.7	Überwachung des internationalen Kernwaffenteststopp-Abkommens	115
3.3	Eigenschwingungen von Erde und Sonne	118
3.3.1	Kugelfunktionsanalyse	120
3.3.2	Eigenschwingungen der Erde	123
3.3.3	Helio- und Astroseismologie	133
3.3.3.1	Globale Helioseismologie: Analyse solarer Eigenschwingungen	137
3.3.3.2	Lokale Helioseismologie: Laufzeitkurven und Ringdiagramme	139

3.4	Aufgaben und Fragen	141
	Ausgewählte Lehrbücher und Nachschlagewerke zur Vertiefung	142
4	Schwerefeld und Figur der Erde	143
4.1	Gravitation, Erdumdrehung und Gezeiten	148
4.1.1	Gravitationspotenzial	149
4.1.2	Erdumdrehung	151
4.1.3	Gezeiten	153
4.1.4	Änderungen von Erdumdrehung und Erdumlauf um die Sonne	157
4.1.5	Coriolis- und Eötvös-Beschleunigung	164
4.2	Schwerepotenzial und Geoid	165
4.2.1	Lösung der Laplace-Gleichung für das Gravitationspotenzial und Entwicklung nach Kugelfunktionen	166
4.2.2	Entwicklung des Geoids nach Kugelfunktionen	170
4.3	Schwereanomalien, Schwerereduktionen und Isostasie	176
4.3.1	Korrektur und Reduktion von Messwerten der Schwerebeschleunigung	176
4.3.1.1	Korrektur zeitlicher Variationen: Instrumentengang und Gezeiten	177
4.3.1.2	Die Breitenabhängigkeit der Normalschwere γ_0	177
4.3.1.3	Höhenreduktionen: Freiluftreduktion δg_f und Geländereduktion δg_T	177
4.3.1.4	Bouguer-Reduktion δg_B und atmosphärische Reduktion δg_A	182
4.3.2	Globale und regionale Schwereanomalien	184
4.3.3	Isostasie und geodynamische Aspekte	187
4.4	Aufgaben und Fragen	194
	Ausgewählte Lehrbücher und Nachschlagewerke zur Vertiefung	195
5	Magnetfeld und Magnetosphäre der Erde	197
5.1	Komponenten und Struktur des Erdmagnetfelds	205
5.2	Quellen des Erdmagnetfelds	212
5.2.1	Der Geodynamo	213
5.2.2	Die Magnetosphäre der Erde	221
5.2.3	Das elektrische Feld der Erde	231
5.3	Innere und äußere Quellen des Erdmagnetfelds	232
5.3.1	Entwicklung des Erdmagnetfelds nach Kugelfunktionen	233
5.3.2	Aktuelle Modelle des erdmagnetischen Hauptfelds und magnetische Anomalien	235
5.4	Magnetische Eigenschaften von Gesteinen	243
5.4.1	Induzierte Magnetisierung	243
5.4.2	Diamagnetismus	245
5.4.3	Paramagnetismus	245
5.4.4	Ferro- und Ferrimagnetismus	245
5.4.5	Remanente Magnetisierung	248
5.5	Gesteinsmagnetismus	248
5.5.1	Magnetisierung von Gesteinen	248
5.6	Paläomagnetik: Polwanderung und Feldumkehr	252
5.6.1	Methoden der Paläomagnetik	253
5.6.2	Polwanderkurven	255
5.7	Aufgaben und Fragen	255
	Ausgewählte Lehrbücher und Nachschlagewerke zur Vertiefung	257
6	Wärme und Temperaturfeld der Erde	259
6.1	Wärmetransport in der Erde	261
6.1.1	Thermodynamische Grundlagen	261
6.1.2	Grundlagen des Wärmetransports in der Erde	266
6.1.2.1	Erhaltung von Masse	266
6.1.2.2	Erhaltung von Energie	267
6.1.3	Die thermische Struktur der Erde	269

6.2	Thermische Energiebilanz der Erde	272
6.2.1	Wärmequellen	272
6.2.1.1	Äußere Quellen	272
6.2.1.2	Innere Quellen	275
6.2.2	Wärmesenken	280
6.2.3	Wärmebilanz der Erde	281
6.3	Wärmespeicherung, Wärmeproduktion und Wärmetransport in der Erde	281
6.3.1	Wärmespeicherung	283
6.3.1.1	Wärmekapazität	283
6.3.1.2	Latente Wärme	287
6.3.1.3	Volumenbezogene thermische Kapazität	289
6.3.2	Radiogene Wärmeproduktion	290
6.3.3	Wärmeleitung und Wärmediffusion	292
6.3.3.1	Wärmeleitfähigkeit	292
6.3.3.2	Strahlungs-Wärmeleitfähigkeit	297
6.3.3.3	Variation der effektiven Gesteins-Wärmeleitfähigkeit mit der Temperatur	300
6.3.3.4	Thermische Diffusivität	302
6.4	Der thermische Zustand von Erdkern und Erdmantel	303
6.4.1	Konvektion im äußeren Erdkern	304
6.4.2	Konvektion im Erdmantel	309
6.5	Der thermische Zustand der Erdkruste	314
6.5.1	Globale Variation des terrestrischen Wärmestroms	314
6.5.2	Verteilung radioaktiver Quellen mit der Tiefe	317
6.5.3	Paläoklima	318
6.5.4	Auskühlung ozeanischer Lithosphäre	328
6.5.5	Wärmeadvektion als Maß für Strömung	336
6.5.5.1	Bestimmung vertikaler Fließraten mit Péclet-Zahl-Analysen von Temperaturprofilen	336
6.5.5.2	Dimensionsanalyse thermischer Systeme	338
6.5.5.3	Freie Konvektion in porösem Gestein	339
6.6	Aufgaben und Fragen	342
	Ausgewählte Lehrbücher und Nachschlagewerke zur Vertiefung	342
7	Anhang	343
7.1	Geologische Zeittafeln und Periodensystem der Elemente	344
7.2	Allgemeine Bezugsdaten, Umrechnungsfaktoren und Naturkonstanten	355
7.3	Vorsicht bei großen Zahlen: Abkürzung, Präfixe und Namen für Vielfache und Bruchteile von Zehn in verschiedenen Sprachen	356
7.4	Einige Rechenregeln für Vektoren und Tensoren	358
7.5	Die Fehlerfunktion	365
7.6	Legendre-Transformation	366
7.7	Seismische Intensitätsskala EMS-98	367
7.8	Antwortfunktion eines Seismometers	367
7.9	Erzeugung eines zum mittleren Magnetfeld parallelen, turbulenten Magnetfelds (α-Effekt)	368
7.10	Gleichungen der Hydrodynamik	368
7.10.1	Die eulersche Bewegungsgleichung einer idealen Flüssigkeit	368
7.10.2	Die Navier-Stokes-Gleichung der Strömung einer zähen Flüssigkeit	369
7.10.3	Stokes-Strömung	373
7.10.4	Oberbeck-Boussinesq-Näherung	374
7.11	Gleichungen der Hydrothermik	375
7.11.1	Energietransport in zähen Fluiden	375
7.11.2	Beheizung oder Kühlung eines homogenen Halbraums von oben	378
7.11.3	Einsetzen freier Konvektion – lineare Stabilitätsanalyse	380
7.11.4	Wassertiefe über einer isostatisch ausgeglichenen, von oben gekühlten Lithosphärenplatte endlicher Dicke	382

8 **Antworten zu den Fragen und Lösungen der Aufgaben.....** 383

Serviceteil

Liste der verwendeten Symbole und Schreibweisen..... 398

Zitierte Literatur 405

Stichwortverzeichnis..... 415