

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
	Weiterführende Literatur	3
2	Seismik	5
2.1	Geschichte	5
2.2	Seismische Wellen und ihre Ausbreitung	10
2.2.1	Wellen im täglichen Leben	10
2.2.2	Elastizität	12
2.2.3	Elastische Wellen	16
2.2.4	Die Eikonalgleichung	36
2.2.5	Energie und Energiedichte seismischer Wellen	38
2.2.6	Dämpfung seismischer Wellen	38
2.3	Wellenstrahlen und Wellenfronten im geschichteten Untergrund	41
2.3.1	Reflexion und Brechung an einer Grenzschicht	41
2.3.2	Beugung (Diffraktion)	43
2.3.3	Fermatsches Prinzip	46
2.3.4	Kritische, unter- und überkritische Reflexion	46
2.3.5	Störsignale und Rauschen	47
2.3.6	Reflexions- und Transmissionskoeffizienten	49
2.3.7	Amplitudenvariation mit der Auslage (AVO)	57
2.4	Die Reflexionsmethode	65
2.4.1	Die Geometrie von Reflexionswegen	66
2.4.1.1	Horizontaler Reflektor – Reflexionshyperbel	69
2.4.1.2	Reflexion oder Beugung? – Fresnel-Zonen	76
2.4.1.3	Geneigter Reflektor – Hyperbelkrümmung (<i>dip moveout</i>)	82
2.4.1.4	Grafische Auswertung: Tangenten- und Spiegelpunktmethode	86
2.4.2	Grundlagen der digitalen Signalverarbeitung	88
2.4.2.1	Fourier-Reihen, -Integral und -Transformation	88
2.4.2.2	Radon- und τ - p -Transformation	93
2.4.2.3	Diskrete Fourier-Transformation (DFT) und Z-Transformation	97

2.4.2.4	Schnelle Fourier-Transformation (FFT)	99
2.4.2.5	Konvolution und Superposition	101
2.4.2.6	Wavelet-Transformation	105
2.4.2.7	Abtastrate und Aliasing	111
2.4.2.8	Die Erde als Filter	114
2.4.2.9	Mehrfachreflexionen (Multiple, Nachhall)	115
2.4.2.10	Dekonvolution (Rückfaltung)	117
2.4.2.11	Kreuz- und Autokorrelation	120
2.4.3	Das Vibroseis-Verfahren	123
2.4.4	Seismische Tomografie	127
2.4.5	Bearbeitung reflexionsseismischer Daten	133
2.4.5.1	Vorbearbeitung (<i>pre-processing</i>)	133
2.4.5.2	Unterdrückung von Rauschen und Multiplen: Dekonvolution und f–k-Filterung	134
2.4.5.3	Statische Korrektur	136
2.4.5.4	Dynamische Korrektur und Geschwindigkeitsanalyse	141
2.4.5.5	Bandpassfilterung	143
2.4.5.6	CMP-Stapeln (<i>stacking</i>)	144
2.4.5.7	DMO-Bearbeitung (<i>DMO processing</i>)	145
2.4.5.8	Migration – woher kommt die Reflexion?	147
2.4.5.9	Erstellung von Tiefensektionen	158
2.4.5.10	3D-Sektionen	158
2.4.5.11	Bearbeitung eines seeseismischen 2D-Profiles	159
2.4.5.12	Bearbeitung eines landseismischen 2D-Profiles	161
2.4.6	Interpretation reflexionsseismischer Daten	162
2.5	Die Refraktionsmethode	173
2.5.1	Die Geometrie von Refraktionswegen	174
2.5.1.1	Eine horizontale Grenzschicht	175
2.5.1.2	Mehrere horizontale Grenzschichten	177
2.5.1.3	Geneigte Schichtgrenzen	179
2.5.2	Bearbeitung refraktionsseismischer Daten	182
2.5.2.1	Höhen- und Verwitterungskorrektur	182
2.5.2.2	Konsistenzprüfung der Daten	183
2.5.3	Interpretation refraktionsseismischer Daten	186
2.5.3.1	Unsichtbare Schichten	186
2.5.3.2	Laterale Variation der Geschwindigkeit	189
2.5.3.3	Geschwindigkeitsanalyse und Verzögerungszeit (<i>delay time</i>)	191
2.5.4	Wellenfrontenmethoden	197
2.5.4.1	Grafische Wellenfrontenverfahren	197
2.5.4.2	Numerisches Wellenfrontenverfahren	202
2.5.5	Refraktions-Tomografie	205
2.6	Ausblick: Aktuelle Trends und fortgeschrittene Methoden	206
2.6.1	Scherwellenseismik	206

2.6.2	Erkundung des flachen Untergrunds mit Rayleigh-Wellen . .	209
2.6.3	Seismische Interferometrie	212
2.7	Aufgaben und Fragen	222
	Weiterführende Literatur	231
3	Gravimetrie	233
3.1	Geschichte	235
3.2	Massenanziehung und Schwere	236
3.2.1	Potenzielle Energie, Schwerepotenzial	237
3.2.2	Normalschwere	241
3.2.3	Lösung der Laplace-Gleichung für das Gravitationspotenzial	248
3.2.4	Messung der Schwere	253
3.3	Bearbeitung von Schweredaten	257
3.3.1	Korrektur und Reduktion von Messwerten der Schwerebeschleunigung	257
3.3.1.1	Korrektur zeitlicher Varia- tionen: Instrumentengang und Gezeiten	257
3.3.1.2	Eötvös-Korrektur	259
3.3.1.3	Freiluftreduktion δg_F und Geländerreduktion δg_T	261
3.3.1.4	Bouguer-Reduktion δg_B und atmosphärische Reduktion δg_A	268
3.3.2	Isostasie	273
3.3.3	Darstellung der reduzierten Schwerewerte	275
3.3.3.1	Freiluftanomalie Δg_F	276
3.3.3.2	Bouguer-Anomalie Δg_B	276
3.3.3.3	Isostatische Anomalie Δg_i	277
3.4	Bestimmung der Gesteinsdichte	280
3.4.1	Labormessungen	280
3.4.2	γ - γ -Messungen	283
3.4.3	Schweremessungen in Bohrungen	286
3.4.4	Dichtebestimmung nach Nettleton	287
3.4.5	Bestimmung der Dichte aus der Freiluftanomalie	289
3.4.6	Schätzung der Gesteinsdichte aus seismischen Geschwindigkeiten	290
3.5	Interpretation von Schweredaten	293
3.5.1	Trennung von regionalen und lokalen Anomalien	293
3.5.1.1	Visuelle Analyse	294
3.5.1.2	Polynominterpolation und Trendflächenanalyse	295
3.5.1.3	Fourier-Analyse und Filtertechniken	295
3.5.1.4	Wavelet-Analyse von Schweredaten	299
3.5.2	Schwereanomalien einiger einfacher geometrischer Körper	301
3.5.2.1	Kugel	302
3.5.2.2	Unendlicher horizontaler Zylinder	305

3.5.2.3	Vertikaler Zylinder	306
3.5.2.4	Unendlich langes, horizontales Prisma mit viereckigem Querschnitt	308
3.5.2.5	Rechteckquader	309
3.5.2.6	Tiefenschätzung für dreidimensionale Körper	309
3.5.3	Euler-Dekonvolution	310
3.5.4	Numerische Modellrechnungen	313
3.6	Aufgaben und Fragen	319
	Weiterführende Literatur	321
4	Anhang	323
4.1	Einige Rechenregeln für Vektoren und Tensoren	323
4.2	Unabhängige Elemente des Elastizitätstensors E_{ijkl}	327
4.3	Zum Wertebereich der Poisson-Zahl	328
4.4	Einige Eigenschaften der Fourier-Transformation	328
4.5	Die Inverse der Matrix W der diskreten Fourier-Transformation	330
4.6	Satz von Green, greensche Formeln und greensche Funktion	330
5	Antworten zu den Fragen und Lösungen der Aufgaben	335
5.1	Seismik	335
5.2	Gravimetrie	353
	Literatur	361
	Sachverzeichnis	369