

# Angewandte Geophysik

Herausgegeben von  
H. Militzer und F. Weber

Band 1

## Gravimetrie und Magnetik

Mit Beiträgen von  
H. Lindner, H. Mauritsch, H. Militzer,  
R. Rösler, R. Scheibe, W. Seiberl, G. Walach  
und F. Weber



Springer-Verlag  
Wien New York

Akademie-Verlag  
Berlin

# Inhaltsverzeichnis

1.	Theoretische Grundlagen der angewandten Gravimetrie und Magnetik Dr. rer. nat. habil. ROLF RÖSLER, ordentlicher Professor für Geophysik an der Bergakademie Freiberg	
1.1.	Einleitung . . . . .	13
1.1.1.	Zielstellung . . . . .	13
1.1.2.	Die potentielle Energie . . . . .	13
1.1.3.	Die Potentialfunktion . . . . .	14
1.2.	Das NEWTONSche Volumenpotential . . . . .	15
1.2.1.	NEWTONSches Gravitationspotential . . . . .	15
1.2.1.1.	Das Gravitationsgesetz und die Bestandteile des Schwerevektors. . . . .	15
1.2.1.2.	Einige Eigenschaften der Äquipotentialflächen . . . . .	18
1.2.2.	Die räumliche und flächenhafte Massenverteilung . . . . .	20
1.2.2.1.	Das Potential einer räumlichen Massenverteilung . . . . .	20
1.2.2.2.	Die Ableitungen des Volumen- und des Flächenpotentials . . . . .	20
1.2.3.	Das Potential im Inneren . . . . .	21
1.2.3.1.	Die Existenz des Potentials . . . . .	21
1.2.3.2.	Das Potential einer masseerfüllten Kugel . . . . .	22
1.2.4.	Die BOUGUER-Plattenwirkung . . . . .	23
1.2.4.1.	Die Schwerkraftwirkung einer Kreisscheibe . . . . .	23
1.2.4.2.	Die ebene BOUGUER-Platte . . . . .	24
1.2.4.3.	Die sphärische BOUGUER-Platte . . . . .	25
1.2.5.	Einige Störkörperformeln . . . . .	26
1.2.5.1.	Die Kugel . . . . .	26
1.2.5.2.	Der Quader . . . . .	27
1.2.5.3.	Die vertikale halbunendliche Säule. . . . .	29
1.2.5.4.	Die horizontale halbunendliche Säule. . . . .	29
1.2.5.5.	Die Viertel-Platte . . . . .	30
1.2.5.6.	Höhere Potentialableitungen für den Quader und seine Spezialfälle. . . . .	30
1.2.5.7.	Weitere Störkörperformeln . . . . .	31
1.3.	Dipol- und Multipol-Potentiale . . . . .	31
1.3.1.	Das Dipolpotential . . . . .	31
1.3.2.	Das Potential einer Doppelschicht . . . . .	32
1.3.3.	Die Entwicklung des Volumenpotentials in Multipolpotentiale . . . . .	33
1.3.3.1.	Das Multipolpotential . . . . .	33
1.3.3.2.	Eine Reihenentwicklung des reziproken Abstandes . . . . .	33
1.3.3.3.	Die Reihenentwicklung des Gravitationspotentials der Erde . . . . .	34
1.3.3.4.	Die Entwicklung des Magnetfeldes der Erde nach Kugelfunktionen . . . . .	37
1.3.4.	Das Potential und das Magnetfeld magnetisierter Körper . . . . .	39
1.3.4.1.	Das Problem der Berechnung geomagnetischer Anomalien . . . . .	39
1.3.4.2.	Der Zusammenhang mit dem Schwerepotential . . . . .	40

1.3.4.3.	Die Anomalien des magnetischen Feldes . . . . .	42
1.3.5.	Einige Störkörperformeln für magnetische Anomalien . . . . .	43
1.3.5.1.	Die Kugel . . . . .	43
1.3.5.2.	Der Quader . . . . .	43
1.3.5.3.	Spezialfälle des Quaders . . . . .	44
1.4.	Ebene Potentialfelder . . . . .	44
1.4.1.	Das logarithmische Potential . . . . .	44
1.4.2.	Die Ableitungen des Potentials . . . . .	45
1.4.2.1.	Körper beliebigen Querschnitts . . . . .	45
1.4.2.2.	Die ebene Flächenmasse . . . . .	46
1.4.2.3.	Die Darstellungen des Potentialgradienten mittels komplexer Funktionen . . . . .	46
1.4.3.	Einige Störkörperformeln . . . . .	47
1.4.3.1.	Horizontaler, homogener Kreiszyylinder . . . . .	47
1.4.3.2.	Die halbumendliche, dünne Platte . . . . .	48
1.4.3.3.	Das horizontale Rechteck-Prisma . . . . .	48
1.4.3.4.	Die senkrechte Stufe . . . . .	48
1.4.3.5.	Die geneigte Stufe . . . . .	48
1.4.3.6.	Das Prisma mit Polygonquerschnitt . . . . .	49
1.4.3.7.	Die geneigte Platte . . . . .	50
1.4.4.	Störkörperformeln für magnetische Anomalien (ebener Fall) . . . . .	50
1.4.4.1.	Der horizontale Kreiszyylinder . . . . .	52
1.4.4.2.	Die geneigte Stufe . . . . .	52
1.4.4.3.	Weitere Störkörperformeln . . . . .	52
1.5.	Grundlagen der Interpretation . . . . .	53
1.5.1.	Die Mehrdeutigkeit der Interpretation . . . . .	53
1.5.2.	Feldtransformationen . . . . .	55
1.5.2.1.	Die Aufgabe der Feldtransformationen . . . . .	55
1.5.2.2.	Die Feldfortsetzung . . . . .	56
1.5.2.3.	Die Berechnung höherer vertikaler Ableitungen . . . . .	57
1.5.2.4.	Die Spektraldarstellung des Potentials und seiner Ableitungen mittels FOURIER-Transformation . . . . .	58
1.5.2.5.	Die Transformation magnetischer Anomalien . . . . .	60
1.5.2.6.	Die Glättung der transformierten Feldgrößen . . . . .	62
1.5.2.7.	Anwendung auf ebene Probleme . . . . .	62
1.5.3.	Inverse Aufgaben . . . . .	62

## 2. Angewandte Gravimetrie

Dr. rer. nat. HARALD LINDNER, wissenschaftlicher Oberassistent am  
Wissenschaftsbereich Angewandte Geophysik der Bergakademie Frei-  
berg

Dr. rer. nat. habil. HEINZ MILITZER, ordentlicher Professor für Geo-  
physik an der Bergakademie Freiberg

Dr. mont. GEORG WALACH, Universitätsdozent am Institut für Geo-  
physik der Montanuniversität Leoben

2.1.	Geophysikalische, geologische und ingenieurtechnische Grundlagen . . . . .	64
2.1.1.	Das Schwerefeld der Erde . . . . .	64
2.1.2.	Ursache und Größenordnung von Schwereanomalien . . . . .	65
2.1.3.	Aufgabenstellung, Einsatzkriterien und Grenzen der Anwendung . . . . .	65
2.2.	Meßgrößen und Meßgeräte . . . . .	68
2.2.1.	Meßgrößen . . . . .	68
2.2.2.	Gravimeter . . . . .	68

2.2.3.	Gradientenmesser . . . . .	74
2.3.	Vorbereitung und Durchführung von Messungen . . . . .	74
2.3.1.	Eichung . . . . .	74
2.3.2.	Bezugs- und Anschlußpunkte, Schwerenetze . . . . .	76
2.3.3.	Gangbestimmung . . . . .	79
2.3.4.	Punktabstand . . . . .	81
2.3.5.	Regionalaufnahme . . . . .	82
2.3.6.	Spezialaufnahme . . . . .	82
2.3.7.	Mikroaufnahme . . . . .	84
2.3.8.	Messungen unter besonderen Bedingungen . . . . .	85
2.3.8.1.	See- und Flugzeugmessungen . . . . .	85
2.3.8.2.	Schacht- und Bohrlochmessungen . . . . .	88
2.3.8.3.	Untertagemessungen . . . . .	90
2.3.9.	Gradientenmessungen . . . . .	92
2.4.	Reduktionen und Anomalien . . . . .	94
2.4.1.	Zielstellung . . . . .	94
2.4.2.	Normalschwerereduktion . . . . .	95
2.4.3.	Freiluftreduktion . . . . .	96
2.4.4.	Geländereduktion für Messungen über- und untertage . . . . .	97
2.4.5.	BOUGUER-Reduktion . . . . .	103
2.4.6.	Isostatische Reduktion . . . . .	105
2.4.7.	BOUGUER-Anomalie . . . . .	106
2.4.8.	Freiluft-Anomalie . . . . .	106
2.4.9.	Isostatische Anomalie . . . . .	107
2.5.	Petrophysikalische Grundlagen der angewandten Gravimetrie . . . . .	108
2.5.1.	Klassifikation von Dichten . . . . .	108
2.5.2.	Dichtewerte verschiedener Gesteine . . . . .	110
2.5.3.	Dichtebestimmung mit Labormethoden . . . . .	116
2.5.4.	Dichtebestimmung mit gravimetrischen Methoden . . . . .	118

### 3. Angewandte Magnetik

Dr. rer. nat. habil. HEINZ MILITZER, ordentlicher Professor für Geophysik an der Bergakademie Freiberg  
 Dipl.-Geophys. REINER SCHEIBE, wissenschaftlicher Gruppenleiter im VEB Geophysik Leipzig  
 Dr. phil. WOLFGANG SEIBERL, a. o. Professor am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien

3.1.	Geophysikalische, geologische und ingenieurtechnische Grundlagen . . . . .	127
3.1.1.	Magnetfeld der Erde und magnetische Anomalien . . . . .	127
3.1.2.	Aufgabenstellung und Einsatzkriterien . . . . .	136
3.2.	Meßgrößen und Meßgeräte . . . . .	137
3.2.1.	Meßkomponenten . . . . .	137
3.2.2.	Mechanisch-optische Magnetometer (Feldwaagen) . . . . .	138
3.2.3.	Sättigungskernmagnetometer (Ferrosonde, FÖRSTER-Sonde, fluxgate-Magnetometer) . . . . .	140
3.2.4.	Kernpräzessionsmagnetometer (Protonenmagnetometer, Kerninduktionsmagnetometer) . . . . .	143
3.2.5.	Absorptionszellenmagnetometer (Quantenmagnetometer, Magnetometer mit optisch gepumpten Gasen). . . . .	146
3.2.6.	Apparative, zweckgebundene Besonderheiten . . . . .	147
3.3.	Vorbereitung und Durchführung von Messungen . . . . .	150

3.3.1.	Eichung . . . . .	150
3.3.2.	Anschluß der Messungen, magnetische Netze . . . . .	152
3.3.3.	Fehlerbestimmung . . . . .	156
3.3.4.	Profil- und Punktabstand . . . . .	156
3.3.5.	Regionalaufnahme . . . . .	158
3.3.6.	Spezialaufnahme . . . . .	158
3.3.7.	Mikroaufnahme . . . . .	160
3.3.8.	Gradientenmessung . . . . .	161
3.3.9.	Messungen unter besonderen Bedingungen . . . . .	164
3.3.9.1.	Aeromessungen . . . . .	164
3.3.9.1.1.	Magnetometereinbau im Fluggerät . . . . .	165
3.3.9.1.2.	Flugwegbestimmungen . . . . .	166
3.3.9.1.3.	Flughöhenbestimmung . . . . .	168
3.3.9.1.4.	Aeromagnetisches Flugnetz . . . . .	168
3.3.9.2.	Seemessungen . . . . .	171
3.3.9.3.	Untertagemessungen . . . . .	172
3.3.9.4.	Bohrlochmessungen . . . . .	174
3.4.	Korrekturen und Reduktionen . . . . .	174
3.4.1.	Zielstellung . . . . .	174
3.4.2.	Variationskorrektur . . . . .	175
3.4.3.	Instrumentengangkorrektur . . . . .	179
3.4.4.	Normalfeldreduktion . . . . .	180
3.4.5.	Höhenreduktion . . . . .	182
3.4.6.	Geländereduktion . . . . .	183
3.4.7.	Kompilation von aeromagnetischen und seemagnetischen Messungen . . . . .	185

#### 4. Paläo- und Archäomagnetik

Dr. mont. HERMANN MAURITSCH, a. o. Professor für angewandte Geophysik und Paläomagnetik an der Montanuniversität Leoben

4.1.	Einleitung . . . . .	190
4.2.	Physikalische Grundlagen . . . . .	190
4.3.	Physikalische Theorie des Gesteinsmagnetismus . . . . .	197
4.4.	Remanente Magnetisierung natürlicher Gesteine . . . . .	200
4.5.	Spannungseffekte und Anisotropie . . . . .	202
4.6.	Die magnetischen Mineralien . . . . .	203
4.7.	Die Magnetisierung natürlicher Gesteine . . . . .	206
4.8.	Die Probenahme . . . . .	207
4.9.	Messung der Remanenz . . . . .	207
4.10.	Verfahren der magnetischen Reinigung . . . . .	209
4.11.	Feldfreier Raum . . . . .	209
4.12.	Zuverlässigkeitstest paläomagnetischer Ergebnisse . . . . .	209
4.13.	Statistische Analyse . . . . .	212
4.14.	Vergleich paläomagnetischer Daten . . . . .	213
4.15.	Berechnung des paläomagnetischen Pols . . . . .	214
4.16.	Darstellung paläomagnetischer Ergebnisse . . . . .	215
4.17.	Paläointensitätsmessungen . . . . .	217
4.18.	Ergebnisse paläomagnetischer Untersuchungen . . . . .	218
4.18.1.	Magnetostratigraphie . . . . .	218
4.18.2.	Polwanderung und Kontinentaldrift . . . . .	219
4.18.3.	Paläogeographie . . . . .	219

4.19.	Praktische Anwendungsbeispiele . . . . .	220
4.20.	Archäomagnetik . . . . .	225
5.	Bearbeitung und Interpretation der gravimetrischen und magnetischen Meßergebnisse	
	Dr. rer. nat. HARALD LINDNER, wissenschaftlicher Oberassistent am Wissenschaftsbereich Angewandte Geophysik der Bergakademie Frei- berg	
	Dr. rer. nat. habil. HEINZ MILITZER, ordentlicher Professor für Geo- physik an der Bergakademie Freiberg	
	Dr. rer. nat. habil. ROLF RÖSLER, ordentlicher Professor für Geophysik an der Bergakademie Freiberg	
	Dipl.-Geophys. REINER SCHEIBE, wissenschaftlicher Gruppenleiter im VEB Geophysik Leipzig	
5.1.	Zielstellung . . . . .	226
5.2.	Bearbeitungsverfahren und Interpretationsbeispiele . . . . .	226
5.2.1.	Verfahren der Feldtransformation . . . . .	227
5.2.1.1.	Regional- und Lokalfeld . . . . .	229
5.2.1.2.	Wellenlängenfilterung . . . . .	233
5.2.1.3.	Feldfortsetzung . . . . .	235
5.2.1.4.	Vertikalgradient . . . . .	241
5.2.1.5.	Zweite Ableitung . . . . .	243
5.2.1.6.	Spezielle Verfahren zur Bearbeitung magnetischer Meßwerte . . . . .	245
5.2.1.6.1.	Umrechnung magnetischer Feldkomponenten . . . . .	245
5.2.1.6.2.	Polreduktion . . . . .	249
5.2.2.	Direkte Verfahren . . . . .	252
5.2.2.1.	Analytische Lösung durch Einzelmodelle . . . . .	253
5.2.2.2.	Profilberechnung . . . . .	254
5.2.2.3.	Abdeckverfahren (stripping) . . . . .	260
5.2.3.	Indirekte Verfahren . . . . .	265
5.2.3.1.	Näherungsverfahren . . . . .	266
5.2.3.2.	Modellgebundene Masterkurven . . . . .	266
5.2.3.3.	Störkörpergebundene Filterung . . . . .	268
5.2.3.4.	Spektralanalyse . . . . .	272
5.2.3.5.	Parameterbestimmung . . . . .	274
5.2.3.6.	Reliefberechnung . . . . .	279
5.3.	Arbeiten zu speziellen Problemen der Geotechnik und des Ingenieur- baus . . . . .	281
5.3.1.	Suche von Hohlräumen . . . . .	281
5.3.2.	Erkundung von Aufbau und Veränderungen geschütteter Böden . . . . .	282
5.3.3.	Erkundung archäologischer Objekte . . . . .	286
5.3.4.	Suche künstlich magnetisierter Objekte . . . . .	287
5.3.5.	Prognose von Erdbeben und Gebirgsschlägen . . . . .	289
6.	Beispiele komplexer gravimetrischer und magnetischer Untersuchungen	
	Dr. mont. GEORG WALACH, Universitätsdozent am Institut für Geophysik der Montanuniversität Leoben	
	Dr. phil. FRANZ WEBER, ordentlicher Professor für Erdölgeologie und angewandte Geophysik an der Montanuniversität Leoben	
6.1.	Einführung . . . . .	294
6.2.	Suche und Erkundung von Erdöl-Erdgas-Lagerstätten . . . . .	295

6.2.1.	Allgemeines . . . . .	295
6.2.2.	Bruchstrukturen . . . . .	299
6.2.3.	Stratigraphische Ölfallen . . . . .	304
6.2.4.	Salzdome . . . . .	307
6.3.	Suche und Erkundung von Kohlelagerstätten . . . . .	309
6.4.	Suche und Erkundung von Erzlagerstätten . . . . .	312
6.4.1.	Blei-Zink-Erze . . . . .	312
6.4.2.	Kupfererze . . . . .	316
6.4.3.	Komplexe Blei-Zink-Silber-Vererzung . . . . .	319
6.4.4.	Eisenerze . . . . .	322
6.5.	Anwendung auf spezielle geologische Fragen . . . . .	326
6.5.1.	Begrabene Täler ("buried valleys") . . . . .	326
6.5.2.	Serpentinit von Kraubath (Österreich) . . . . .	327
Literatur. . . . .		330
Sachverzeichnis . . . . .		346