

# Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis . . . . .	12
1. Petrophysik — Aufgaben, Gegenstand und Methoden . . . . .	15
1.1. Petrophysikalische Untersuchungen — Bestandteil geowissenschaftlicher Arbeiten . . . . .	15
1.2. Klassifizierung und Charakterisierung der Gesteine . . . . .	17
1.3. Grundabhängigkeiten und -eigenschaften petrophysikalischer Parameter . . . . .	19
2. Die Dichte der Minerale und Gesteine . . . . .	26
2.1. Physikalische Grundlagen und Maßeinheiten . . . . .	26
2.2. Die Dichte der Minerale . . . . .	29
2.3. Die Dichte der Magmatite . . . . .	29
2.4. Die Dichte der Metamorphite . . . . .	35
2.5. Die Dichte und Porosität der Sedimentite . . . . .	36
2.5.1. Übersicht . . . . .	36
2.5.2. Die Druck- bzw. Tiefenabhängigkeit der Dichte von Sedimentiten . . . . .	37
2.5.3. Berechnung der Porosität von Kugelmodellen . . . . .	43
3. Die magnetischen Eigenschaften der Minerale und Gesteine . . . . .	45
3.1. Physikalische Grundlagen und Maßeinheiten . . . . .	45
3.2. Die magnetischen Eigenschaften der Minerale . . . . .	48
3.3. Die magnetischen Eigenschaften der Gesteine . . . . .	52
3.3.1. Übersicht . . . . .	52
3.3.2. Die magnetischen Eigenschaften der Magmatite und magnetithaltigen Erze . . . . .	53
3.3.3. Die magnetischen Eigenschaften der Metamorphite . . . . .	57
3.3.4. Die magnetischen Eigenschaften der Sedimentite . . . . .	58
3.4. Die remanente Magnetisierung der Gesteine . . . . .	59
4. Die radioaktiven Eigenschaften der Minerale und Gesteine . . . . .	62
4.1. Physikalische Grundlagen und Maßeinheiten . . . . .	62
4.2. Die natürliche Radioaktivität der Minerale und Gesteine . . . . .	66
4.3. Wärmeproduktion infolge radioaktiven Zerfalls . . . . .	74
5. Die elastischen Eigenschaften (Ausbreitungsgeschwindigkeiten elastischer Wellen) von Mineralen und Gesteinen . . . . .	77
5.1. Physikalische Grundlagen und Maßeinheiten . . . . .	77
5.2. Die elastischen Eigenschaften der gesteinsbildenden Minerale sowie der flüssigen und gasförmigen Bestandteile der Gesteine . . . . .	81
5.2.1. Die elastischen Eigenschaften der gesteinsbildenden Minerale . . . . .	81

5.2.2.	Die elastischen Eigenschaften fluider Poren- und Klüftinhalte . . . . .	84
5.2.2.1.	Die elastischen Eigenschaften von Gasen . . . . .	85
5.2.2.2.	Die elastischen Eigenschaften von Flüssigkeiten . . . . .	86
5.2.2.3.	Die elastischen Eigenschaften von Flüssigkeits-Gas-Gemischen . . . . .	88
5.3.	Die Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen in Gesteinen — experimentelle Ergebnisse . . . . .	88
5.3.1.	Die Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen in magmatischen und metamorphen Gesteinen . . . . .	89
5.3.1.1.	Übersicht . . . . .	89
5.3.1.2.	Abhängigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen von Dichte und mineralischer Zusammensetzung . . . . .	92
5.3.1.3.	Abhängigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen von Porosität und Klüftigkeit . . . . .	98
5.3.1.4.	Abhängigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen von Druck und Temperatur . . . . .	100
5.3.2.	Die Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen in Sedimentiten . . . . .	111
5.3.2.1.	Übersicht . . . . .	111
5.3.2.2.	Die Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen in verfestigten Sedimentiten . . . . .	113
5.3.2.2.1.	Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der mineralischen Zusammensetzung der Matrix und der Porosität . . . . .	113
5.3.2.2.2.	Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Tiefe bzw. von Druck und Temperatur . . . . .	115
5.3.2.2.3.	Abhängigkeit der Geschwindigkeit von Poreninhalt und Sättigungsgrad . . . . .	121
5.3.2.3.	Die Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen in unverfestigten Sedimentgesteinen . . . . .	123
5.3.2.3.1.	Vorbemerkungen . . . . .	123
5.3.2.3.2.	Abhängigkeit der Geschwindigkeit von Porosität und Dichte . . . . .	124
5.3.2.3.3.	Abhängigkeit der Geschwindigkeit vom Druck . . . . .	128
5.2.2.3.4.	Abhängigkeit der Geschwindigkeit vom Sättigungsgrad bzw. Wassergehalt . . . . .	131
5.3.3.	Die Richtungsabhängigkeit der Geschwindigkeit (Anisotropie) . . . . .	133
5.4.	Theorien zur Berechnung der elastischen Eigenschaften von Gesteinen . . . . .	139
5.4.1.	Übersicht . . . . .	139
5.4.2.	Gestein als Anordnung ebenflächig begrenzter, parallel angeordneter Elemente bzw. Bestandteile . . . . .	140
5.4.3.	Poröses Gestein als Anordnung zweier gekoppelter elastischer Medien . . . . .	146
5.4.4.	Gestein als regelmäßige Anordnung diskreter Elemente (Kugeln) . . . . .	152
5.4.5.	Gesteinsmodelle mit variabler Struktur . . . . .	153
5.4.5.1.	Übersicht . . . . .	153
5.4.5.2.	Modell für poröse Gesteine . . . . .	155
5.4.5.3.	Kugelmodell mit statistisch definierter Struktur . . . . .	166
5.4.5.4.	Anwendung des Modells auf geklüftetes Festgestein . . . . .	172
5.4.5.5.	Anwendung des Modells auf dichtes polymineralisches Gestein . . . . .	176
6.	Die inelastischen Eigenschaften (Absorption elastischer Wellen) der Gesteine . . . . .	181
6.1.	Physikalische Grundlagen und Maßeinheiten . . . . .	181
6.2.	Die Absorption elastischer Wellen in Gesteinen — experimentelle Ergebnisse . . . . .	182

6.2.1.	Übersicht . . . . .	182
6.2.2.	Die Abhängigkeit des Absorptionskoeffizienten von der Frequenz . . . . .	184
6.2.3.	Der Einfluß von Dichte, Porosität, Poreninhalt und Korngröße auf die Absorption elastischer Wellen . . . . .	194
6.2.4.	Der Einfluß von Druck und Temperatur auf die Absorption elastischer Wellen . . . . .	198
6.3.	Die Absorption elastischer Wellen in Gesteinen — Ergebnisse theoretischer Untersuchungen . . . . .	204
6.3.1.	Vorbemerkungen . . . . .	204
6.3.2.	Darstellung der Absorption auf der Grundlage rheologischer Körper . . . . .	205
6.3.3.	Absorption infolge Inelastizität der Gesteinsmatrix . . . . .	207
6.3.4.	Absorption infolge Strömung des viskosen Poreninhalts. . . . .	210
6.3.5.	Absorption infolge RAYLEIGH-Streuung. . . . .	211
6.3.6.	Absorption infolge von Wärmeleitungsprozessen und Kombination mit Verlusten durch innere Reibung . . . . .	212
7.	Die elektrischen Eigenschaften der Minerale und Gesteine . . . . .	214
7.1.	Physikalische Grundlagen und Maßeinheiten . . . . .	214
7.2.	Die elektrischen Eigenschaften (spezifischer elektrischer Widerstand und Dielektrizitätskonstante) der gesteinsbildenden Minerale sowie der Erze . . . . .	219
7.2.1.	Der spezifische elektrische Widerstand . . . . .	219
7.2.2.	Die Dielektrizitätskonstante (Dielektrizitätszahl) . . . . .	221
7.3.	Die elektrischen Eigenschaften (spezifischer elektrischer Widerstand und Dielektrizitätskonstante) der Poren- und Kluftinhalte . . . . .	224
7.3.1.	Der spezifische elektrische Widerstand . . . . .	224
7.3.2.	Die Dielektrizitätskonstante (Dielektrizitätszahl) . . . . .	225
7.4.	Die elektrischen Eigenschaften (spezifischer elektrischer Widerstand und Dielektrizitätskonstante) der Gesteine . . . . .	228
7.4.1.	Übersicht . . . . .	228
7.4.2.	Elektrische Eigenschaften von Gesteinen ohne elektrolytischen Leitfähigkeitsanteil von Poren- und Kluftwässern . . . . .	230
7.4.3.	Der spezifische elektrische Widerstand von Gesteinen mit elektrolytischem Leitfähigkeitsanteil von Poren- bzw. Kluftwässern . . . . .	236
7.4.3.1.	Vorbemerkungen . . . . .	236
7.4.3.2.	Gesteine mit vernachlässigbarem Leitfähigkeitsanteil der Matrix. Ergebnisse experimenteller Untersuchungen. Gleichungen von ARCHIE und DACHNOV. . . . .	237
7.4.3.3.	Gesteine mit vernachlässigbarem Leitfähigkeitsanteil der Matrix. Ergebnisse theoretischer Untersuchungen . . . . .	250
7.4.3.4.	Gesteine mit nicht vernachlässigbarem Leitfähigkeitsanteil der Matrix. Ergebnisse experimenteller Untersuchungen. . . . .	256
7.4.3.5.	Gesteine mit nicht vernachlässigbarem Leitfähigkeitsanteil der Matrix. Ergebnisse theoretischer Untersuchungen. . . . .	262
7.4.4.	Der spezifische elektrische Widerstand der Kohlen . . . . .	264
7.4.5.	Der Einfluß von Druck und Temperatur auf den spezifischen elektrischen Widerstand der Sedimentite . . . . .	264
7.4.6.	Die Dielektrizitätskonstante wasserhaltiger poröser und klüftiger Gesteine. Ergebnisse experimenteller Untersuchungen . . . . .	268
7.4.7.	Theorien zur Berechnung der Dielektrizitätszahl von Gesteinen aus den Eigenschaften ihrer Bestandteile . . . . .	273

7.5.	Die induzierte Polarisation der Gesteine . . . . .	276
7.5.1.	Vorbemerkungen . . . . .	276
7.5.2.	Bestimmung von IP-Größen . . . . .	277
7.5.2.1.	Messungen im Zeitbereich (time-domain) . . . . .	277
7.5.2.2.	Messungen im Frequenzbereich (frequency-domain) . . . . .	278
7.5.3.	Ursachen der induzierten Polarisation . . . . .	279
7.5.3.1.	Elektrodenpolarisation . . . . .	279
7.5.3.2.	Membranpolarisation . . . . .	282
7.5.3.3.	Polarisationseffekte in tonfreien porösen Gesteinen . . . . .	284
7.5.3.4.	Ergänzende Bemerkungen zur induzierten Polarisation in porösen Gesteinen ohne elektronische Leitfähigkeit . . . . .	284
8.	Die thermischen Eigenschaften der Minerale und Gesteine . . . . .	287
8.1.	Physikalische Grundlagen und Maßeinheiten . . . . .	287
8.2.	Die thermischen Eigenschaften der Minerale und der Poren- bzw. Kluftinhalte . . . . .	289
8.2.1.	Die thermischen Eigenschaften der Minerale . . . . .	289
8.2.2.	Die thermischen Eigenschaften der Poren- und Kluftinhalte . . . . .	294
8.3.	Die thermischen Eigenschaften der Gesteine . . . . .	294
8.3.1.	Übersicht . . . . .	294
8.3.2.	Die thermischen Eigenschaften der Magmatite und Metamorphite . . . . .	299
8.3.3.	Die thermischen Eigenschaften der Sedimentite . . . . .	303
8.4.	Theorien zur Berechnung thermischer Gesteinseigenschaften . . . . .	309
8.4.1.	Übersicht . . . . .	309
8.4.2.	Gestein als Anordnung ebenflächig begrenzter Elemente bzw. Bestandteile . . . . .	309
8.4.3.	Gestein als Anordnung diskreter Elemente (Kugeln) . . . . .	313
8.4.4.	Gesteinsmodelle mit variabler innerer Struktur . . . . .	314
8.4.4.1.	Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Porosität . . . . .	315
8.4.4.2.	Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit vom Druck . . . . .	320
8.4.4.3.	Berechnung des Anisotropiekoeffizienten . . . . .	322
9.	Beziehungen zwischen den petrophysikalischen Parametern der Geophysik . . . . .	323
9.1.	Vorbemerkungen . . . . .	323
9.2.	Festkörperphysikalische Theorien und lineare Beziehungen nach BIRCH u. a. zur Darstellung von Zusammenhängen zwischen Dichte, elastischen und thermischen Eigenschaften . . . . .	324
9.3.	Anwendung eines linearen Gleichungssystems zur Bestimmung von Lithologie und Porosität . . . . .	329
9.4.	Anwendung eines Gesteinsmodells mit variabler Struktur . . . . .	336
9.4.1.	Prinzip . . . . .	336
9.4.2.	Gegenüberstellung von Wärmeleitfähigkeit und Formationswiderstandsfaktor . . . . .	337
9.4.3.	Gegenüberstellung von Formationswiderstandsfaktor und Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen . . . . .	340
9.4.4.	Gegenüberstellung von Wärmeleitfähigkeit und Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen . . . . .	341
9.5.	Beziehungen zwischen petrophysikalischen Parametern klüftiger Gesteine . . . . .	344

10.	Beziehungen petrophysikalischer Parameter der Geophysik zu geomechanischen Parametern . . . . .	349
10.1.	Vorbemerkungen und Problemstellung . . . . .	349
10.2.	„Statische“ und „dynamische“ Verformungsmoduli . . . . .	349
10.3.	Beziehungen zwischen geophysikalisch bestimmaren Parametern und Festigkeitseigenschaften . . . . .	361
10.3.1.	Grundlagen . . . . .	361
10.3.2.	Berechnung von Festigkeitseigenschaften nach dem Gesteinsmodell mit variabler Struktur . . . . .	365
10.3.3.	Ermittlung von Beziehungen zwischen Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen und Festigkeit nach dem Gesteinsmodell . . . . .	369
10.4.	Bemerkungen zu Veränderungen geophysikalisch bestimmbarer Parameter bei Bruchvorgängen . . . . .	372
	Literatur . . . . .	380
	Sachverzeichnis . . . . .	402