

Praktische Bohrlochgeophysik

Siegfried Fricke
Jürgen Schön

122 Abbildungen
31 Tabellen
5 Farbtafeln



1999
ENKE
im Georg Thieme Verlag
Stuttgart

Inhalt

1	Gegenstand und Anwendungsbereiche geophysikalischer Bohrloch-	
	messungen	1
2	Bohrlochmeßtechnik	3
2.1	Funktion und Hauptbestandteile einer Bohrlochmeßanlage	3
2.2	Kalibrierung	5
2.3	Meßbedingungen und Meßumgebung	6
2.4	Radiale und vertikale Charakteristik – radiales und vertikales Auflösungs-	
	vermögen	8
2.5	Meßwertgewinnung und Plots	10
3	Bohrlochmeßverfahren	13
3.1	Übersicht	13
3.2	Elektrische und elektromagnetische Verfahren	15
3.2.1	Grundlagen	15
3.2.1.1	Physikalische Grundlagen und Einteilung der Meßverfahren	15
3.2.1.2	Elektrische Eigenschaften der Gesteine	16
3.2.2	Widerstandsmessungen	20
3.2.2.1	Übersicht und Einteilung der Verfahren	20
3.2.2.2	Grundlagen der Mehrelektroden-Anordnungen	21
3.2.2.3	Vier-Elektroden-Widerstandsanordnung (Potential- und Gradientsonden)	23
3.2.2.4	Fokussierende Widerstandsmeßverfahren	27
3.2.2.5	Mikrowiderstandsmessungen	30
3.2.2.6	Messung des Spülungs- bzw. Wasserwiderstandes	31
3.2.3	Induktive Meßverfahren	33
3.2.4	Bemerkungen und „Regeln“ zur Auswahl von Widerstands- und Induktions-	
	Meßverfahren	36
3.2.5	Schichtneigungsmessungen, Diplog (DIP)	38
3.2.6	Elektrische Bohrlochwand-Scannerverfahren	40
3.2.7	Dielektrische (Wellen-)Messung	41
3.2.8	Messung des Eigenpotentials	42
3.3	Magnetische Verfahren	47
3.3.1	Messung magnetischer Größen und Eigenschaften	47
3.3.1.1	Petrophysikalische Grundlagen	47
3.3.1.2	Messung des magnetischen Feldes	47
3.3.1.3	Messung der magnetischen Suszeptibilität	47
3.3.2	Kernmagnetische Resonanzmessungen (Nuclear Magnetic Resonance	
	NMR)	49
3.3.2.1	Physikalische Grundlagen	49
3.3.2.2	Mit NMR-Meßverfahren gewinnbare Informationen	50

3.4	Radiometrische und kernphysikalische Verfahren	52
3.4.1	Übersicht und Einteilung der Verfahren	52
3.4.2	Gammamessung	54
3.4.2.1	Die natürliche Radioaktivität der Gesteine	54
3.4.2.2	Gamma-Meßverfahren	56
3.4.2.3	Anwendungen	60
3.4.3	Gamma-Gamma-Verfahren	62
3.4.3.1	Physikalische Grundlagen	62
3.4.3.2	Gamma-Gamma-Dichtemessung	63
3.4.3.3	Gamma-Gamma-Messung auf Basis des Photoeffektes (P_e -Messung)	69
3.4.3.4	Röntgenfluoreszenzmessung	70
3.4.3.5	Gamma-Neutron-Messung	70
3.4.4	Neutronverfahren	72
3.4.4.1	Physikalische Grundlagen	72
3.4.4.2	Neutron-Neutron- und Neutron-Gamma-Messung	75
3.4.4.3	Gepulste Neutron-Messung (Thermal-Decay-Messung, Neutron- Lifetime-Messung)	80
3.4.4.4	Neutron-Gamma-Spektrometrie	85
3.4.4.5	Neutronaktivierungsmessung	86
3.4.5	Kombinierte kernphysikalische Messungen	86
3.5	Akustische Meßverfahren	87
3.5.1	Grundlagen und Einteilung der Verfahren	87
3.5.2	Laufzeitmessungen der Ultraschallwelle – Akustiklog	91
3.5.3	Cement Bond Log (CBL), Zementlog	95
3.5.4	Akustischer Bohrlochfernseher	95
3.5.5	Akustische Kavernenvermessung	98
3.6	Gravimetrische Verfahren (Bohrlochgravimetrie)	99
3.7	Temperaturmessungen	101
3.8	Messung von Druck und Dichte des Bohrlochfluids	102
3.9	Flowmetermessungen	103
3.10	Messung des Bohrlochverlaufes (Bohrlochabweichungsmessung)	106
3.11	Kalibermessungen	108
3.12	Casing Collar Locator und elektromagnetische Wanddickenmessung	110
3.13	Optische Bohrlochuntersuchungen (Bohrlochfernsehen)	111
4	Methodik der Interpretation bohrlochgeophysikalischer Messungen	112
4.1	Zum Begriff der Interpretation	112
4.2	Methodologie der Interpretation	114
4.2.1	Visuelle Interpretation	114
4.2.1.1	Visuelle Qualitätsbewertung	114
4.2.1.2	Lithologische Gliederung	116
4.2.1.3	Lithostratigraphische Korrelation	119
4.2.1.4	Lösung fazieller Aufgaben	123
4.2.1.5	Trennflächenanalyse	123
4.2.2	Quick-look Interpretation	126
4.2.2.1	Berechnung scheinbarer Größen	127
4.2.2.2	Overlay-Technik	128
4.2.2.3	Crossplots	131
4.2.3	Schichtgrenzen- und Schichtwertbestimmung	138
4.2.3.1	Von der Meßkurve zu Schichtwerten	138

4.2.3.2	Schichtwerte kontra Meßkurven?	139
4.2.3.3	Meßkurvenbearbeitung mit Filterverfahren	140
4.2.3.4	Schichtgrenzengliederung	145
4.2.3.5	Schichtwertbestimmung	145
4.2.3.6	Schichtwertkorrekturen	148
4.2.4	Kennwertberechnung (quantitative Interpretation)	149
4.2.4.1	Deterministische Interpretation	149
4.2.4.2	Stochastische Interpretation	155
4.2.4.3	Fehleranalyse	170
4.2.5	Interpretation bohrlochgeophysikalischer Informationen aus mehreren Bohrungen	178
4.3	Lösung konkreter Interpretationsaufgaben	181
4.3.1	Petrophysikalische Modelle	181
4.3.2	Ermittlung volumetrischer Gesteinskomponenten	182
4.3.2.1	Bestimmung fester Gesteinsanteile (außer Tongehalt)	182
4.3.2.2	Tongehaltsbestimmung	185
4.3.2.3	Porositätsbestimmung	190
4.3.2.4	Bestimmung der Sättigung	195
4.3.2.5	Berechnung der Schichtwassermineralisation	199
5	Anwendungsbeispiele	201
5.1	Erdöl-/Erdgaserkundung	201
5.1.1	Messungen im offenen Bohrloch (open hole logging)	201
5.1.2	Messungen in verrohrten Bohrungen (cased hole logging)	204
5.2	Untergrund-Gasspeicherung	205
5.2.1	Überwachungsmessungen in Aquiferspeichern	205
5.2.2	Überwachungsmessungen in Solkavernen	207
5.3	Kohleerkundung	209
5.3.1	Bohrlochmessungen für die Braunkohleerkundung	209
5.3.2	Bohrlochmessungen in Steinkohlebohrungen	210
5.4	Hydrogeologische Bohrungen, Brunnen und Pegel	215
5.4.1	Gesteinsbewertung und hydraulische Eigenschaften (Messungen unter statischen Bedingungen)	215
5.4.2	Hydraulische Eigenschaften (Messungen unter dynamischen Bedingungen)	218
5.4.3	Ausbaukontrolle	223
5.5	Geothermie	228
5.5.1	Niedrigthermalwasser	228
5.5.2	Hot Dry Rock (HDR)	231
5.6	Lagerung radioaktiver Abfälle	232
	Quellenverzeichnis der Abbildungen	235
	Literatur	236
	Stichwortverzeichnis	249
	Anhang	
	Farbtafeln 1–5	am Schluß des Buches