

F. & HENDRICKS, W. E. 1985; HALLENBACH, F. 1961; HORVATH, Sz. 1982 und 1984; HUBBE, J., BUCKUP, K. & MÄDLER, K. 1975; LEH-
NERT, K. & WECK, D. 1963; PRÖGLHÖF, G. 1982; RAMMNER, R. 1975; RICHARDSON, G. 1980; VÖGL, E. 1957 und 1962.

II.3.4. Bemerkungen zur Auswertung geophysikalischer Bohrlochmessungen

von Arthur KREMSER und Friedrich BRIX

Viele bohrlochgeophysikalische Messungen liefern Rohdaten, die erst einer Bearbeitung bedürfen, um die gewünschten Informationen zu erhalten. Die für die Messungen notwendigen Geräte und die wichtigsten Meßmethoden sind im Hauptkapitel II.3.3. beschrieben. Bei den meisten Messungen erfolgt eine fortlaufende Erfassung von Daten über die ganze Bohrstrecke.

Mit den Bohrlochmessungen werden elektrische, radioaktive und andere physikalische Eigenschaften der Gesteine in der Umgebung des Bohrloches ermittelt. Diese Eigenschaften stehen in Beziehung zu den petrophysikalischen Größen, wie Porosität, Wassersättigung, Tongehalt und Formationsinhalt (Gas, Öl, Wasser). Auch der technische Zustand einer Bohrung oder einer Fördersonde ist teilweise mit Messungen kontrollierbar.

Die Arbeit des Auswerteers ist es nun, aus den Meßdaten die petrophysikalischen und technischen Daten abzuleiten sowie geologische bzw. lithologische Informationen zu geben. Dabei werden bestimmte Berechnungen angestellt sowie z. T. empirisch ermittelte Kurven, Diagramme und Tabellen verwendet. Damit können die oben genannten petrophysikalischen Größen aus den Meßdiagrammen abgeleitet werden. Ein Teil der Berechnungsunterlagen wurde durch Laborversuche an Bohrkernen hergestellt.

Der Auswerteer wird um so realistischere Daten erhalten, je besser er über die in einem bestimmten Bohr- oder Fördergebiet vorhandenen Verhältnisse Bescheid weiß, da er sich in Zweifelsfällen eher für die wahrscheinlichere Lösung entscheiden kann. Ein Großteil dieser Berechnungen ist heute durch den Einsatz von Computerprogrammen weitgehend automati-

siert, sodaß es darauf ankommt, das richtige Programm mit den entsprechenden Ausgangswerten zu versehen.

Die Auswertung einer Reihe von Bohrlochmessungen wird bei Bedarf schon am Bohrplatz vorgenommen. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn es gilt, Teststrecken oder Verrohrungsteufen festzulegen. Ansonsten erfolgt die Auswertung und die Übersendung der Ergebnisse kurze Zeit nach der Messung auf schriftlichem Wege.

Die einzelnen Bohrlochmeßfirmen haben Auswerteschemata für ihre Meßmethoden entwickelt, die den Kunden (Bohrgesellschaften, Erdölfirmen) zur Verfügung gestellt werden, wenn die Auswertung nicht durch die Meßfirmen selbst erfolgt.

Zusammenfassend sind zwei Gruppen von Auswertungen zu unterscheiden, die im Detail schon im Hauptkapitel II.3.3. genannt wurden:

- Auswertung von Messungen im unverrohrten Bohrloch
Beispiele: Bestimmung der geologischen Grenzen, der Lithologie der durchbohrten Schichten und des Schichteinfallens; Bestimmung petrophysikalischer Daten wie Porosität und Wassersättigung; Bestimmung geometrischer Bohrlochdaten wie Tiefe, wahrer Bohrlochdurchmesser und Bohrlochverlauf (Abweichungen von der Vertikalen); Abschätzung des Inhalts von Speichergesteinen (Gas, Öl, Wasser); Korrelation der durchbohrten Strecke mit Nachbarbohrungen.
- Auswertung von Messungen im verrohrten Bohrloch
Beispiele: Kontrolle der Zementqualität und der Zementsteigerung hinter der Verrohrung; Auswertung von Temperaturmessungen der Spülung in den Rohren und von Formationszuflüssen; Aus-

Tabelle 10: Auswahl geophysikalischer Messungen in Bohrlöchern und Fördersonden

Bezeichnung Abkürzung Meßgrößen Verwendungsart (*)	Eigenschaften der durchbohrten Gesteinsstrecke, die gemessen werden	Daten, die abgeleitet oder berechnet werden können
Spezifischer elektrischer Widerstand, R, ML, Ohmmeter, UB	Scheinbarer elektrischer Widerstand; mehrere Meßarten in bezug auf Eindringtiefe des Filtratwassers und des Meßstromes in das Gestein	Wahrer Formationswiderstand; Porosität; Wassersättigung des Porenraumes; Lagerstättentinhalt; Kontaktflächen Gas – Öl – Wasser; Nettoschichtmächtigkeiten
Induktionsmessung, IEL, Ohmmeter oder Millimho pro Meter, UB	Strominduktion im Meßgerät durch ein künstlich im Gestein verursachtes Wechselstromfeld; Ergebnis entspricht etwa der Leitfähigkeit des Gesteins	Ähnlich wie bei Widerstandsmessung, aber auch in Bohrlöchern ohne Spülung, bzw. bei Öl- oder Reinwasserspülung verwendbar
Schichtneigungsmessung, CDM, HDT, Ohmmeter, Bohrlochabweichung in Altgrad, UB	Kombination von 3 oder 4 Mikrowiderstandsmessungen mit der Messung der geografischen Richtung und dem Abweichungswinkel des Bohrloches gegen die Lotrechte	Streichen und Fallen von Schicht- und Kluftflächen in geographischer Orientierung; Bohrlochabweichung; Bohrlochdurchmesser
Akustische Messungen, BHC-SL, Mikrosekunden pro Meter, UB	Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Amplituden-Frequenzänderungen elastischer Wellen im Gestein	Gesteinshärte; Porosität; Störungs- und Schwächezonen; seismische Laufzeiten; Hilfe für Gesteinsbestimmung
Zementbindungsmessung, CBL, Mikrosekunden pro Meter, VB, FS	Dämpfung der in Schwingungen versetzten Futterrohre durch den umgebenden Zement	Güte der Futterrohrzementation: Zementqualität, Steighöhe, Bindung Rohr-Zement und Zement-Gestein, Kanalbildung
Eigenpotentialmessung, SP, Millivolt, UB	Natürliche, elektrische Spannungsdifferenz zwischen Formationswasser und Bohrspülung	Porosität durchlässiger Schichten; Sand-Tonabfolge; Vertonungsgrad; Formationswasserwiderstand
Gammastrahlungsmessung, GR, Mikrogramm Radiumäquivalent pro Tonne, UB, VB, FS	Natürliche Gammastrahlung aus Uran-, Thorium- und Kalium 40-führenden Mineralen im Gestein	Natürliche Radioaktivität des Gesteins; Sand-Tonabfolge; Vertonungsgrad; Ersatz für SP-Messung bei Öl- und Salzwasserspülung
Neutronenmessung, CNL, in Porositätseinheiten, UB, VB, FS	Wasserstoffgehalt der Porenfüllung, ermittelt durch Neutronenbremsung oder Neutroneneinfang; Strahlungsquelle in der Meßsonde	Porosität; Unterscheidung von Gas und Flüssigkeiten (Öl und Wasser); Hilfe für Gesteinsbestimmung
Kompensierte Formationsdichte, FDC, in Gramm pro cm ³ , UB	Maß der Rückstrahlung ausgesandter Gammastrahlen durch freie Elektronen in der Formation; Strahlungsquelle in der Meßsonde	Durchschnittliche Gesteinsdichte; Porosität; Unterscheidung Gas-Flüssigkeiten; Gas-Flüssigkeitskontakte; Hilfe für Gesteinsbestimmung

Tabelle 10: (Fortsetzung)

Bezeichnung Abkürzung Meßgrößen Verwendungsart (*)	Eigenschaften der durchbohrten Gesteinsstrecke, die gemessen werden	Daten, die abgeleitet oder berechnet werden können
Temperaturmessung, Temp. in Grad Celsius, UB, VB, FS	Spülungstemperatur in Bohrlöchern und Fördersonden	Formationstemperatur und Temperaturgradient nur nach mehrwöchiger Wartezeit; Aufstieghöhe des Zements hinter den Rohren; Leckstellen in den Futterrohren
Kalibermessung, Kal, in mm, UB, VB, FS	Mittlerer Durchmesser des Bohrloches oder der Verrohrung	Unebenheiten und Feststoffablagerungen an der Bohrlochwand (Filterkuchen = poröse Schichten); Bohrlochvolumen für Zementmengenbestimmung; Schadstellen an der Verrohrungsinnenwand
Abweichungsmessung, IC, in Altgrad, UB	Abweichung der Bohrlochachse von der Lotrechten und geographische Richtung der Abweichung	Wahrer Verlauf des Bohrloches im Raum; Richtungsänderungen der Bohrachse häufig als Folge von Änderungen des Schichteinfalles; Verkürzung der strukturellen Bohrtiefe im Verhältnis zur Lotrechten

Zusammengestellt von Friedrich BRIX

(*) Verwendungsart:
 UB = unverrohrter Bohrlochteil
 VB = verrohrter Bohrlochteil
 FS = Fördersonde

wertung der Ergebnisse von Kabeltestgeräten *); Überwachung des technischen Zustandes der Verrohrung (Korrosionsbestimmung); Bestimmung der wahren Teufenlage von Rohrverbindungen (Muffen) zur Festlegung von Perfor-

*) Anmerkung: bei den oben genannten Kabeltestgeräten handelt es sich um Vorrichtungen, mit denen eine bestimmte, relativ gering mächtige Bohrstrecke auf den Formationsinhalt geprüft werden kann. Dabei wird das Testgerät an das normale Meßkabel angeschlossen und zur Teststrecke hinuntergelassen. Der Nachteil dieser Methode liegt in der geringen Aufnahmefähigkeit des Testgerätes, sodaß nur kleine Mengen Formationsinhalt zutage gebracht werden können. Der Vorteil besteht darin, daß man Proben auch dann noch nehmen kann, wenn ein Gestängetest aus technischen Gründen nicht gemacht werden kann oder zu teuer kommt, weiters darin, daß so ein Kabeltest sehr rasch ausgeführt werden kann.

rationsstrecken; Auffindung von Leckstellen oder sonstiger Beschädigungen in der Verrohrung.

Eine übersichtliche Darstellung von 12 ausgewählten, wichtigen bohrlochgeophysikalischen Messungen mit den gemessenen Einheiten und Parametern sowie dem Verwendungszweck gibt Tabelle 10.

Literaturauswahl für das Hauptkapitel II.3.4.:

BLUM, E. 1953 und 1956; BOONE, D. E. 1984; BUCKUP, K. 1986; FERTL, W. H. 1984; FINGER, P. 1985; FRICKE, S. 1980 und 1985; GILREATH, J. A. & MARICELLI, J. J. 1964; HOARD, R. E. 1985; HORVATH, Sz. 1969 und 1977; LEPPER, J. & SCHÖNEICH, H. 1984; MERKEL, R. H. 1981; PIRSON, S. J. 1977; RAMBOW, F. H. K. 1985; SCHLUMBERGER Ltd. 1969, 1970, 1972 und 1981; WEBER, F. 1985a; WÖBKING, H. 1973; ZOELLER, W. A. 1984.

II.3.5. Untersuchungen von Gesteins-, Flüssigkeits- und Gasproben im Labor

In Österreich unterhält die ÖMV Aktiengesellschaft in Wien – Gerasdorferstraße ein „Labor für Aufschluß und Produktion“ (LAP). Dieses wird zwar vorwiegend von den Mitarbeitern der genannten Gesellschaft in Anspruch genommen, steht aber auch anderen Gesellschaften für Auftragserteilungen zur Verfügung. Dazu kommt, daß für spezielle Fragestellungen noch weitere Institutionen mit den Ölfirmen zusammenarbeiten, wie z. B. die Geologische Bundesanstalt, das Geotechnische Institut der Bundesversuchsanstalt Arsenal, einige Abteilungen des Naturhistorischen Museums Wien sowie fallweise mehrere Institute der Universitäten in Graz, Innsbruck, Leoben, Salzburg und Wien.

Im folgenden werden die wichtigsten Tätigkeiten des LAP kurz geschildert.

II.3.5.1. Sedimentologische und mineralogische Untersuchungen an Gesteinsproben im Labor

von Roman SAUER

II.3.5.1.1. Makroskopische Untersuchungen

Makroskopische Untersuchungen werden mit dem bloßen Auge, bzw. mit der Lupe ausgeführt. Untersucht werden sowohl Bohrkerne und Geländeproben als auch Bohrklein (Cuttings), letzteres nicht nur von Tiefbohrungen sondern gegebenenfalls auch von seismischen Schußbohrungen. Bohrkerne stehen wesentlich seltener zur Verfügung. Sie werden aus Zeit- und Kostengründen nur in besonders wichtigen Zonen genommen, wie z. B. in Lagerstättenbereichen oder in geologisch sehr komplizierten Formationen.

Die Kerne werden zunächst nach äußeren Kennzeichen genau beschrieben und photographisch im Normal- und UV-Licht dokumentiert. Dabei können flüssige KW durch ihre typische, meist gelbliche bis bläuliche Fluoreszenz sichtbar gemacht werden (siehe auch Kap. II.3.2.4., Abb. 68).

Makroskopisch bestimmbare Gesteinsmerkmale, wie Schichtungstypen, Korngrößen, diverse Sedimentstrukturen usw. liefern bereits wertvolle Informationen zur Zuordnung, Entstehung und zu den Eigenschaften von Sedimentgesteinen. Durch Vergleiche mit rezenten (jetztzeitlichen) Ablagerungen, wie z. B. Deltabildungen, Tiefseesedimenten, Riffbereichen usw. können Hinweise auf den Aufbau und die Ausdehnung von fossilen Sedimentkörpern gewonnen werden. Die makroskopische Gesteinsbeschreibung bildet die Grundlage für weitergehende petrophysikalische, petrographische, mineralogische und geochemische Untersuchungen.

II.3.5.1.2. Mikroskopische Untersuchungen

Bei der Dünnschliffanalyse werden Gesteinsplättchen, die bis zu einer Dicke von 0,02–0,03 mm abgeschliffen worden sind (= Dünnschliff), unter dem Polarisationsmikroskop untersucht. Mit Hilfe der feststellbaren Merkmale, wie Licht- und Doppelbrechung, Spaltbarkeit, Kornform etc., können die verschiedenen Gesteinsbestandteile zumeist exakt bestimmt sowie mengenmäßig erfaßt werden. Die Porenräume im Gestein werden durch blaugefärbtes Kunstharz sichtbar gemacht (Abb. 78), so daß Aussagen über



Abb. 78. Poröser Kreidesandstein der Bohrung Grünau aus 4928 m Tiefe mit blaugefärbtem Porenraum. Stellenweise sind grünliche Tonmineralfärbungen an den Porenwänden sichtbar. Bildlänge: 1,6 mm