

(Wassersättigung) und als  $S_o$  (Ölsättigung) ausgewiesen. Es wird darauf aufmerksam gemacht, daß damit eine Vergleichsbasis zu den bohrlochgeophysikalisch ermittelten Werten vorliegt (siehe Kapitel II.3.3.2.2. und II.3.4.).

#### **II.3.5.4. Chemische Untersuchungen von Gesteins-, Flüssigkeits- und Gasproben im Labor**

von Harald BUCHTA

Neben sedimentologischen und petrophysikalischen Untersuchungen von Gesteinsproben ist für die Exploration eine chemisch-analytische Beschreibung sowohl der anorganischen wie auch der organischen Inhaltsstoffe von Bedeutung. Die Bestimmung von Spurenelementen im Bohrklein und in Bohrkernen mit dem Atom-Absorptions-Spektrometer kann dem Geologen wertvolle Hinweise geben. Einzelne Elemente lassen sich dabei noch in Mengen von einem milliardstel Gramm erfassen (Abb. 20). Auch anorganisch-chemische Gesamtanalysen von Bohrkernen und Feldproben werden bei Bedarf ausgeführt.

Die beim Abteufen von Bohrungen gewonnenen Bohrkern und das laufend entnommene Bohrklein werden auch auf die Menge und die Zusammensetzung der darin enthaltenen Spuren Mengen an Erdgas oder Erdöl geprüft. Noch mit Bohrspülung vermischte Bohrkleinproben werden am Bohrplatz in speziellen Behältern gesammelt (siehe Kapitel II.3.2.4.), diese ins Labor gebracht und dort der über dem Bohrklein vorhandene geringe Luftraum auf inzwischen freigesetztes Erdgas analysiert. Mit Hilfe eines Gaschromatographen können Methan und höhere gasförmige KW noch im Millionstelbereich (ppm = parts per million) erfaßt werden. Auch am Bohrturm selbst lassen sich oftmals von der Bohrspülung zutage gebrachte Erdgasmengen in entsprechenden Gasprobenbehältern (Gasmäuse) für die Weiteruntersuchung im Labor sammeln.

Desgleichen werden Ölanzeigen in Bohrkernen, Spülproben oder in der Spü-

lungsflüssigkeit chemisch-analytisch im Labor weiterverfolgt. Auch Hinweise auf Salzwasserzufluß lassen sich über Spurenelementbestimmungen aus der Analyse der Spülungsflüssigkeit erkennen.

Von großer Aussagekraft sind Menge und Zusammensetzung der im Bohrklein oder im Bohrkern enthaltenen organischen Substanz. Die sogenannte Pyrolyseuntersuchung des organischen Materials (Kerogen) besteht im gezielten Aufheizen und Zerlegen unter Luftabschluß. Diese Untersuchung gibt Auskunft über die Menge des ursprünglich im Gestein vorhandenen, für die Bildung von KW infrage kommenden organischen Materials. Eine Bestimmung des Gehaltes an organischem Kohlenstoff ergänzt diese Untersuchungsreihe. Damit können Aussagen über die Bildungsmöglichkeit von Erdöl und Erdgas in bestimmten Gesteinschichten getroffen werden, d. h. es wird geklärt, ob ein Muttergestein vorliegt oder nicht.

Hat man beim Abteufen einer Bohrung aus einem speziellen Intervall einen Formationstest (OHT oder CT) vorgenommen (siehe Kapitel VI.2.2.), so werden im Labor die zugeströmte Flüssigkeit und zugeströmtes Gas untersucht. Ist es Wasser, kann die ermittelte Zusammensetzung der darin gelösten Salze mitentscheiden helfen, ob die getestete Lage mit den aus anderen Bohrungen bekannten Lagen in Verbindung gebracht werden kann. Ist Gas zugeströmt, so kann die Gasanalyse meist schon eine Aussage darüber zulassen, ob es sich um ein reines Gasvorkommen (Erdgas) handelt, oder ob vielleicht die Gaskappe einer Erdöllagerstätte angetroffen wurde. Bei Ölzufluß kann die Ölanalyse mithelfen zu klären, ob ein Zusammenhang mit schon bekannten ölführenden Horizonten besteht oder ob eine neue Lagerstätte gefunden wurde. Auch das Fördergut von Produktionssonden wird chemisch-analytisch kontrolliert. Aus Öl-, Gas- und Wasserzusammensetzung lassen sich bestimmte Fördermaßnahmen ableiten. Schließlich sind diese chemischen Daten wichtige Unterlagen für die Vorratsberechnung.

### II.3.5.5. Spezielle lagerstättenkundliche Untersuchungen \*

Im Labor werden neben den schon genannten petrophysikalischen noch weitere wichtige Untersuchungen für die Lagerstätten-techniker ausgeführt, die in einer kurzen Auswahl angeführt werden:

- Untersuchung des Mehrphasenflusses in porösen Medien, Messen der Kapillarkräfte, der effektiven und relativen Permeabilitäten
- Druck – Volumen – Temperaturverhalten (PVT) und Erfassen der physikalischen Eigenschaften der Lagerstättenmedien
- Bestimmung folgender Größen unter Lagerstättenbedingungen: Öl- und Gasformationsvolumsfaktor, Gaslösungsvermögen, Gaskompressibilität, Viskositäten, Gleichgewichtsfaktoren und Fluidzusammensetzung
- Datenaufbereitung für Lagerstätten-simulation
- Untersuchung der EOR-Prozesse im Labormaßstab, die auf Polymer-, CO<sub>2</sub>- oder Kaustikverfahren beruhen
- Verträglichkeitsuntersuchungen an Formationsmaterial mit Spülungen, Süßwasser, Formationswasser, Komplettierungs- und Behandlungsfluida zur Wiederherstellung der ursprünglichen Produktivität oder Injektivität von Sonden
- Auswahl von Zugaben wie Säureinhibitoren, Netzmittel, Säurereaktionsverzögerern, Tonstabilisatoren
- Untersuchung von Zementabbindebeschleunigern und -verzögerern sowie Zugaben zur Verhinderung von Spülungsverlusten
- Untersuchungen zum Zwecke der Sandkonsolidierung

Einige Hinweise zu obiger Liste sind in den Kapiteln II.3.6., II.4.1., II.4.2., III.1.7.2. und III.1.7.3. enthalten.

---

\* Die Angaben zu Kapitel II.3.5.5. wurden der Broschüre „Unternehmensgruppe ÖMV-Gewinnung“ entnommen, Redaktion D. SOMMER, Ausgabe April 1986, Seiten 13–14.

### II.3.5.6. Bakteriologische Untersuchungen

nach einem Artikel von E. HOFER 1984: S. 22–23

Sowohl die zutage kommenden Formationswässer wie die in Lagerstätten oder sonstige Speichergesteine wiedereingepreßten Salzwässer bedürfen einer laufenden Überwachung. Die Formationswässer führen anaerobe Bakterien, das sind solche, die ohne Luftsauerstoff leben können, da sie sich den Sauerstoff über anorganische Verbindungen und/oder durch Verzehr anderer Lebewesen verschaffen. Im atmosphärischen Bereich leben aerobe Bakterien, das sind solche, die Luftsauerstoff zum Leben benötigen sowie Algen, das sind chlorophyllführende niedere Pflanzen.

Kommen nun Formationswässer bei der Öl- und Gasförderung zutage, so werden diese Wässer vom Großteil der KW in den Gewinnungsstationen befreit und in Wasseraufbereitungsanlagen verpumpt (siehe Kapitel IV.9.2.). Dort kommen diese Wässer in den Klärbecken längere Zeit mit Luft in Kontakt, sodaß eine Kontamination mit aeroben Bakterien und Algen eintritt.

Vor dem Wiedereinpressen dieser Wässer, z. B. im Rahmen eines Wasserflutprogrammes (siehe Kapitel II.3.6.4.), müssen Maßnahmen getroffen werden, um Schädigungen der Lagerstätte zu verhindern oder zu minimieren. Anaerobe und aerobe Bakterien würden nämlich Verstopfungen der Fließwege der Speichergesteine hervorrufen. Die anaeroben Bakterien beginnen unter Lagerstättenbedingungen zu wuchern. Aerobe Bakterien und Algen sterben zwar bei Luftabschluß ab, die toten Organismen würden aber zur Verstopfung beitragen.

Es werden daher dem Einpreßwasser beim Verlassen der Wasseraufbereitungsanlage bestimmte Bakterizide, Algizide und Chlor beigemischt, wobei das Hauptaugenmerk auf die Abtötung der anaeroben Bakterien gerichtet ist. Diese würden an den Fördereinrichtungen durch Bildung von CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>S außerdem noch Korrosionsschäden anrichten. Um möglichst wenig organische Substanzen (Bak-

terien und Algen) in die Tiefe gelangen zu lassen, sorgen obertags geeignete Filter für eine zumindestens teilweise Abtrennung aus dem Einpreßwasser.

Da die Wirkung der verwendeten Bakterizide durch Resistenzbildung der Bakterienstämme mit der Zeit nachläßt oder überhaupt ausbleibt, müssen durch ständige Kontrollen immer neue Gegenmittel bzw. deren Dosis oder Konzentration im Labor überprüft werden. Als weitere Schwierigkeit kommt dazu, daß das in der Wasserflutanlage durch Bakterizide vorbehandelte Einpreßwasser bei der Verpumpung von der Anlage zu den Einpreßsonden durch die in den Rohrleitungen angesiedelten, resistent gewordenen Bakterien erneut infiziert wird. Es müssen daher laufend Untersuchungen angestellt werden, um diesem Umstand Rechnung tragen zu können. Es wird dabei das Einpreßwasser sowohl bei Verlassen der Wasseraufbereitungsanlage wie vor dem Eintritt in die Flutsonde überprüft und sodann die entsprechenden bakteriologischen Maßnahmen gesetzt.

Literaturauswahl für das Hauptkapitel II.3.5.:

BLUM, E. 1963; BONEVSKI, R. & WEBER, K. 1978; BRÄUER, L. et al. 1986; BROZ, J. 1940;

BUCHTA, H. 1983; CORRENS, C. W. 1941; CORRENS, C. W. & SCHUMANN, H. 1949; DEURER, R. & SOBOTT, R. 1989; DIETRICH, H. & SCHNEIDER, H. 1978; DÜRBAUM, H.-J. 1961; ENGELHARDT, W. v. & PITTER, H. 1951; ENGELHARDT, W. v. 1960 und 1973; FLEISCHMANN, C. & KUMMERER, W. 1989; FORSTER, L. 1958 und 1967; FORSTER, L., KRATOCHVIL, H. & WEICHSELBRAUN, O. 1970; FÖRSTER, S. & HAUENHERM, W. 1971; FREHSE, W. 1973; HAMEISTER, E. 1960; HILTERMANN, H. 1966; HOFER, E. 1984; HUFNAGEL, I. & SCHARMBACHER, A. 1989; JANAK, J. 1957; KÄGLER, S. 1987; KURZWEIL, H. 1973; LADWEIN, H. W. 1976 und 1983b; LANGER, I. 1958; LAUTERJUNG, J. & EMMERMANN, R. 1990; MARESC, O. 1959 und 1970; MEDER, H. G. 1966; MUTHENTHALLER, H. & EDELMANN, A. 1956; NEUMANN, H.-J. 1981c; NEY, P. 1986; PASSLER, W., THIARD, A. & LANIK, A. 1958; RIECKMANN, M. & BECKER, J. 1962; SCHALKHAMMER, G. K. 1958; SCHMID, Ch. 1956; SCHMIED, H. & SUCHANEK, R. 1976; SCHMIED, H. 1984; SCHUBERT, Ch. & FRICKE, S. 1985; SCHWARTZ, W. & MÜLLER, A. 1958; SCHMIDT, H. 1954; SOMMER, D. (Red.) 1986; STRADNER, H. & PAPP, A. 1961; SUIDA, H. & PÖLL, H. 1933; TEICHMÜLLER, M. 1979; TREY, F. 1958; WALACH, G. 1978; WALGER, E. 1965; WETZEL, W. 1960; WIESENER, H. 1952, 1955 und 1960; WIESENER, H. & KAUFMANN, A. 1957; WOLETZ, G. 1967.

## II.3.6. Lagerstättenphysik und Lagerstättentechnik

von Heinrich MURER

### II.3.6.1. Einführung

Zunächst ist es notwendig, den Begriff „Lagerstätte“ und seine Bedeutung bei der Gewinnung von Erdöl und Erdgas zu erläutern. Als „Lagerstätte für Erdöl oder Erdgas“ definiert man eine natürliche Anreicherung von wirtschaftlich nutzbaren, flüssigen oder gasförmigen Kohlenwasserstoffen in Speichergesteinen meist tief unter der Erdoberfläche.

In Österreich liegen diese Erdöl- und Erdgaslagerstätten in einer Teufe von 500 bis 6000 m. Es sind in der Regel poröse Sandsteinlagen bzw. poröse und geklüftete Dolomite oder Kalkgesteine. Das Erdöl

und/oder Erdgas findet sich im Poren- und Kluftraum dieser Speichergesteine. Als weiteres flüssiges Medium ist immer mehr oder weniger Salzwasser vorhanden.

Das physikalische Verhalten des Erdöls und Erdgases sowie dessen Wechselwirkungen untereinander und mit seinem Speichergestein wird durch die „Lagerstättenphysik“ beschrieben. Die Aufgabe der „Lagerstättentechnik“ besteht darin, den Öl- und Gasinhalt der Speichergesteine zu ermitteln, die davon wirtschaftlich gewinnbaren Anteile – die Vorräte – zu errechnen und Maßnahmen vorzuschlagen, wie die Öl- und Gasausbeute erfolgen soll, insbesondere welche Aktivitäten zu