

## 11. Einige Besonderheiten von Bohrlochkonstruktionen bei Gasbohrungen und übertiefen Bohrungen

Am Beispiel der Besonderheiten der Bohrlochkonstruktion bei Gasbohrungen, d. h. bei Such-, Erkundungs- und Produktionsbohrungen auf Erdgas und übertiefen Bohrungen, sollen im letzten Abschnitt dieser Fachbroschüre praktische Probleme bezüglich der Bohrlochkonstruktion im Zusammenhang dargestellt werden. Solche Bohrungen eignen sich hierfür aus zwei Gründen sehr gut. Einmal stellen sie extreme Anforderungen an die Bohrlochkonstruktion und zum anderen gehören solche Bohrungen zum Bohrprogramm im Industriezweig Erdöl-Erdgas der DDR.

Um eine Gaslagerstätte wirtschaftlich und sicher aufschließen und abbauen zu können, müssen die abgeteuften Bohrungen (Sonden) besonders fest und dicht sein. Bereits beim Bohren und während der Verrohrungs- und Zementationsarbeiten besteht ein hohes Risiko des Gaszutritts. Hieraus leiten sich Besonderheiten für die Bohrlochkonstruktion ab, die ihren Ursprung im besonderen Verhalten des Erdgases haben (hohe Beweglichkeit und Kompressibilität, hohe Speicherdrücke und Fließgeschwindigkeit, hohe Energieverluste und Produktionstemperaturen) /6/.

Treten beim Bohren größere Mengen Erdgas in das Bohrloch ein, so daß dieses zur Vermeidung einer offenen Eruption geschlossen werden muß (die Preventer werden geschlossen), kommt es infolge der fehlenden Möglichkeit der Druckentspannung zu einer Druckinversion. Die aufsteigenden Gasblasen können sich nicht frei vergrößern und entspannen. Sie behalten ihren Druck. Es kommt zu einem enormen Druckanstieg über das gesamte Bohrloch. Die Folge davon kann ein Aufreißen des Gebirges, der Verlust der im Bohrloch verbliebenen restlichen Bohrspülung und somit ein weiteres Zufließen von Erdgas in das Bohrloch sein. Das Erdgas tritt dann in unkontrollierbaren Mengen in obere Schichten ein und kann, wenn es nach Übertage austritt, zu gefährlichen Griffons (Kraterbildungen) führen, in denen die gesamte Bohranlage versinkt. Um ein solches gefährliches Aufreißen des Bohrloches zu vermeiden, muß eine sehr innendruckfeste technische Rohrtour so tief eingebaut werden, daß die frac-

gefährdeten Horizonte sicher abgedeckt sind. Da im Falle geringer Zementkopfhöhen bei hohen Innendrücken auch große zusätzliche Zugkräfte in einer solchen Rohrtour entstehen, wird diese nicht selten bis übertage zementiert.

Der Bohrlochkopf der Gasbohrung muß sehr innendruckfest sein. Die hohe Innendruckfestigkeit erfordert längere Ankerrohrtouren. Die von der zementierten Ankerrohrtour aufzunehmende axiale Last ist als Summe der Absetzlasten aller im Bohrlochkopf abgefangenen Rohrtouren (bei Produktionsbohrungen einschließlich Tubingstrang) zu ermitteln. Der Durchmesser der Produktionsrohrtour und des Tubingstranges wird nach fördertechnischen Gesichtspunkten zur Sicherung hoher Förderraten bei geringen Fließverlusten möglichst groß gewählt (Beispiel: Förderrate über  $700\ 000\ \text{m}^3$  (N) je Tag; Speicherteufe 3500 m; Speicherdruck  $360\ \text{kp cm}^{-2}$ ; optimaler Tubingstrang  $\varnothing 4\ 1/2''$ , Endrohrdurchmesser 7").

Bezüglich der Produktionsrohrtour gibt es bei Gasbohrungen eine Reihe von besonderen Anforderungen.

Die hohen Produktionsdrücke und Produktionstemperaturen einer fördernden Gassonde verursachen einen komplizierten Spannungszustand in den Futterrohren. Besonders kritisch werden solche Belastungen nicht im Rohrkörper (dieser wird bei entsprechender Wanddicke und Materialgüte immer ausreichend fest sein), sondern in den Gewindeverbindungen, da diese nicht nur fest, sondern auch sehr dicht sein müssen. Die Dichtheit der Gewindeverbindungen ist allein mittels spezieller Dichtmittel, die auf das Gewinde vor dem Verschrauben aufgetragen werden, oft nicht zu gewährleisten. Es müssen Futterrohre mit Spezialverbindungen, die einen metallischen Stoß- und Dichtsitz haben, verwendet werden (Beispiel: Typ, BDS - s. /4/).

Läßt sich bei entsprechendem Materialeinsatz und sorgfältiger Kontrolle (Abdrücken der Futterrohre und Rohrtourabschnitte) die Dichtheit der Futterrohrtour erreichen, so ist beim Abdichten des Ringraumes die Erfolgchance wesentlich geringer. Der Ringraum der Produktionsrohrtour, speziell unmittelbar über dem produktiven Gashorizont, muß aber sehr dicht sein, damit das Erdgas nicht nach oben, hinter den Rohren, abwandern kann.

Die Dichtheit des Ringraumes kann nur mittels spezieller Futterhaußenpacker oder durch einen am Bohrstrang und an der von lockerer Tonkruste befreiten Bohrlochwand gut haftenden, undurchlässigen Zementsteinmantel erreicht werden. Zu diesem Zweck muß die Produktionsrohrtour gut zentriert sein und ein ausreichendes Ringraumspiel haben.

Das ausreichende Ringraumspiel ist einmal für das erfolgreiche Zentrieren (Einbaumöglichkeit funktionsfähiger Zentralisation) zum anderen aber für das erfolgreiche Verdrängen der Bohrspülung durch den aufsteigenden Zementschlammstrom erforderlich. Ungünstige Verhältnisse liegen diesbezüglich bei einer Kombination von 5"- (Produktionsrohrtour) und 7"- (letzte technische Rohrtour) Rohrtouren vor. Nicht selten werden deshalb in Gasbohrungen Kombinationen mit großem Ringraumspiel gewählt. Als Beispiel hierfür seien folgende typische Verrohrungsschemata aus einigen bekannten Gasfeldern und das einer sehr tiefen Gasbohrung (über 6000 m) angeführt:

Schebelinka (UdSSR): 16 3/4" x 11 3/4" x 6 5/8"; Groningen (Holland): 16" x 10 3/4" x 7"; Bohrung Panhandle (USA, Texas) 20" x 13 3/8" x 10 3/4" x 7 5/8" x 4 1/2".

Ein in der Praxis noch umstrittenes Problem ist die Festlegung der Zementhöhe für die Produktionsrohrtour. Lange Zeit war man der Meinung, daß die Höhe des Zementmantels lediglich nach geologischen Gesichtspunkten festzulegen sei. Später wurde es immer notwendiger, auch technologische und technische Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Die dabei auftretenden widersprüchlichen Ansichten haben ihren Grund nicht zuletzt darin, daß dem Zementmantel im Ringraum unterschiedliche Aufgaben zugeordnet werden. Unbestritten sind zwei große Aufgaben. Einmal soll der Zementmantel den Ringraum dicht verschließen, indem er diesen bei guter Haftung an der Rohrtour und am Gebirge vollständig ausfüllt, dabei selbst jedoch undurchlässig ist, zum anderen soll er aber auch dazu beitragen, die Rohrtour selbst, d. h. deren Gewindeverbindungen, vor Überbelastungen und somit vor Undichtheiten zu schützen.

Zu geringe Zementkopfhöhen erfordern sehr hohe Absetzlasten der Rohrtouren in den Keilen des Kolonnenkopfes, um den durch hohe Produktionstemperaturen auftretenden Dehnungs- und Aus-

knickvorgängen ausreichend entgegenzuwirken. Sehr hohe Absetzlasten aber führen zu Überbelastungen der Gewindeverbindungen. Bei geringen Zementkopfhöhen entsteht also eine Zwangssituation. Man muß zur Vermeidung von Knickbelastungen im unteren Teil des nichtzementierten Bereiches hohe Zugüberlastungen im oberen Teil der Rohrtour in Kauf nehmen.

Auch sehr große Zementkopfhöhen, d. h. nichtzementierte Strecken von höchstens 50 bis 200 m, wie sie nicht selten bei technischen Rohrtouren vorkommen, erschweren den Vorgang des Absetzens. Die günstigsten Verhältnisse für das Absetzen der Rohrtouren herrschen vor, wenn die Zementkopfteufe 500 bis 1000 m beträgt.

Über die Zementmantelhöhe und ihren Einfluß auf die Dichtheit des Ringraumes in Gasbohrungen gibt es unterschiedliche Auffassungen. Einige Autoren führen Gasdurchbrüche auf zu große Zementmantelhöhen zurück, andere erklären geringe Zementmantelhöhen als Ursache für Gasdurchbrüche.

Häufig wird die Entscheidung über die Höhe des Zementmantels bereits durch die Fracgradienten des Gebirges aber auch aus technologischer Sicht gefällt. Es gibt aber Anpassungsmöglichkeiten (Erleichterung der Zementschlämme, Verbesserung der rheologischen Eigenschaften der Zementschlämme, Stufenzementation u. a.), so daß die Frage nach der Höhe des Zementmantels auch in diesen Fällen aktuell bleibt.

Die angeführten Besonderheiten der Bohrlochkonstruktion von Gasbohrungen lassen erkennen, daß auch die Entwicklung der Bohrlochkonstruktion über den Zeitraum des Aufschlusses der gesamten Lagerstätte in ihrer üblichen Tendenz der Vereinfachung und Erleichterung besonderen Gesetzen unterliegt.

Der übliche Entwicklungstrend:

- Reduzierung der Einbauteufen, Reduzierung der Zementkopfhöhen, Übergang auf kleinere Durchmesser, Verwendung billiger Futterrohre u. a. - schlägt bei Gasbohrungen sehr häufig in das Gegenteil um.

Die Sicherheit der Bohrlochkonstruktion gegen Gasdurchbrüche ist bedeutungsvoller und ist letztlich wirtschaftlich ausschlaggebender als etwaige Einsparungen an Verrohrungs- und

Zementationskosten. Probleme, die sich bezüglich der Bohrlochkonstruktion in übertiefen Bohrungen (mit Endteufen über 6000 m) stellen, ergeben sich aus der Notwendigkeit der Beherrschung großer Austrittslängen und der Planung von zwei bis vier technischen Rohrtouren. Bild 5 zeigt die Bohrlochkonstruktionen (vereinfacht) für einige sehr tiefe Bohrungen. Auf diesem Bild erkennt man die typischen Verrohrungsschemata mit den großen Einbauteufen und Austrittslängen der einzelnen Rohrtouren.

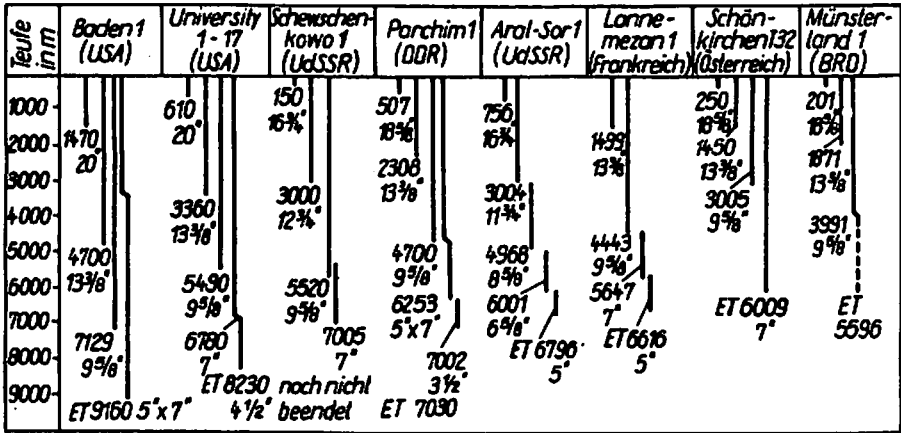


Bild 5. Skizzen von Bohrlochkonstruktionen abgeteufter Übertiefer Bohrungen

Rekordeinbauteufen wurden für folgende Rohrtouren in der zur Zeit tiefsten Bohrung der Welt - Baden 1 (USA) mit der Endteufe von 9160 m - erreicht (s. Bild 5).

20"-Rohrtour im 26"-Bohrloch - 1466 m (in einer Sektion)

13 3/8"-Rohrtour im 17 1/2"-Bohrloch - 4699 m (in einer Sektion)

9 5/8"-Rohrtour im 11 7/8"-Bohrloch - 7129 m (in zwei Sektionen)

Der Einbau der 9 5/8"-Rohrtour in zwei Sektionen (die 2. Sektion wurde erst später nachgesetzt) erfolgte deshalb, weil der obere Bereich der 9 5/8"-Rohrtour nicht einem übermäßig hohen Ver-

schleiß der Rohrwand ausgesetzt werden sollte, denn es war geplant, die vorgesehene Endteufe aus der 9 5/8"-Rohrtour heraus zu erreichen.

Die geplante Endteufe mit einem Bohrlochdurchmesser von mindestens 7 1/2 bis 8 1/2" zu erreichen, wird bei übertiefen Bohrungen allgemein angestrebt. Bei diesem Durchmesser zeigen die Bohrwerkzeuge maximale Bohrleistungen, und die Bohrung kann schnell und komplikationsfrei beendet werden.