



6. Testdurchführung /6/

6.1. Vorbereitungsarbeiten zur Durchführung  
von Gestängetesten

6.1.1. Spülung

Zur qualitätsgerechten Testdurchführung ist es unbedingt erforderlich, eine einwandfreie Spülung vorzufinden. Die Qualität muß folgenden Anforderungen genügen:

- Die Wasserabgabe darf  $6 \text{ cm}^3/30 \text{ Min.}$  bei  $7 \text{ kp cm}^{-2}$  nicht überschreiten.
- Die Stabilität der Spülung muß ohne Zirkulation über 72 Std. gewährleistet sein.
- Die Spülungsparameter müssen den Projektwerten entsprechen.

Zum Auffüllen von Vorlagen ist eine saubere Spülung bereitzustellen; verschmutzte, feststoffreiche Spülung verstopft durch Ablagerungen die Ventile und verringert die Aussagefähigkeit des Testes. In extremen Fällen kann durch Verstopfungen sogar eine Entlastung des Testhorizontes verhindert werden (keine Verbindung zwischen Ring- und Steigraum). Ist es nicht möglich, die gesamte Umlaufspülung in den geforderten Werten zu halten, muß vor dem Test im Bereich des Testintervalls bis etwa 150 m darüber ein Spülungspuffer aus sauberer, feststoffarmer Spülung eingebracht werden.

Die Qualität der Reservespülung muß den drei o. g. Punkten entsprechen, damit sie beim Auftreten von Schwierigkeiten oder drohenden Eruptionen sofort verwendet werden kann.

#### 6.1.2. Bohrloch, Bohrlochsohle und unverrohrter Bohrlochabschnitt

Für den einwandfreien Einbau der Testgarnitur muß ein maßhaltiges Kaliber für den unverrohrten Bohrlochabschnitt vorhanden sein. Klüftige oder drückende Schichten sowie Bohrlochverengungen können zum Aufsetzen der Garnitur vor Erreichen der Absetzteufe führen und den weiteren Einbau verhindern. Aus nachfallenden Schichten kommt es zu Ablagerungen auf den Gummielementen während des Testes, und das Freiziehen des Packers und der Ausbau werden erschwert. Aus diesen Gründen muß das Bohrloch bei Anzeichen solcher Störungen bearbeitet werden, um den Test nicht zu gefährden.

Um ein Festwerden des Stützankers durch ausgefallene Kerne, stehengebliebene Kernwurzeln oder durch Ablagerungen auf der Bohrlochsohle zu verhindern, muß die Bohrlochsohle vor dem Test begradigt und das Bohrloch mit dem zweifachen Bohrlochvolumen klargespült werden. Eine saubere Bohrlochsohle

gewährleistet eine gute Lastenaufnahme und verhindert das Nachrutschen der Testgarnitur. Rutscht die Garnitur nach, werden die Gummielemente beschädigt, und es ist mit Umläufigkeit zu rechnen.

### 6.1.3. Gestängegarnitur

Zur Gestängegarnitur gehören die Schwerstangen und das Gestänge, die oberhalb der Testgarnitur eingebaut werden. Um eine größtmögliche Dichtheit zu erreichen, dürfen nur einwandfreie Stangen eingebaut werden. Undichtes Gestänge ermöglicht das Eindringen von Spülung in den Steigraum und verfälscht den Zufluß, oder es kommt bei druckstarken Gassonden zum Durchgasen des Ringraumes und später zur Eruption. Die Gewindeverbindungen, die Verbinder und die Rohre sind unmittelbar vor dem Test auf ihre einwandfreie Qualität augenscheinlich zu überprüfen. Um die Sicherheit auf der Arbeitsbühne zu erhöhen, ist es zweckmäßig, eine neue Stange, die als oberste auf die Garnitur aufgeschraubt wird, für den Test gesondert zu lagern und bereitzuhalten.

Da die Garnitur während des Testes biaxial belastet wird (Außendruck und Zug), muß sie auf ihre Festigkeit berechnet werden. Sollte sie den geforderten Werten nicht entsprechen, ist sie umzustellen, oder es muß eine Vorlage eingebracht werden.

### 6.1.4. Bohranlage

Da der Gestängetest ein gewisses Gefahrenmoment für die Bohrung darstellt, ist es unbedingt erforderlich, daß sich die Bohranlage in einem sauberen, technisch einwandfreien, den Sicherheitsbedingungen entsprechenden Zustand befindet. Die Anlage muß nach diesen Gesichtspunkten vor dem Test gründlich überprüft werden.

### 6.1.5. Festigkeitsberechnung

Um das im Testhorizont befindliche Medium zum Fließen zu bringen und den Horizont zu entlasten, wird beim Gestängetest der hydrostatische Druck der Spülungssäule von der Lagerstätte genommen. Dies geschieht durch den Leereinbau der Gestängegarnitur. Im unteren Teil wird das Gestänge einem enormen Außendruck ausgesetzt und gleichzeitig auf Zug beansprucht, der beim Freiziehen des Packers noch erhöht wird. Im oberen Teil des Gestänges ist bei starkem Gaszufluß der Innendruck gegenüber dem Außendruck bedeutend höher, und es ist ebenfalls eine Zugbelastung vorhanden. Die Garnitur muß deshalb auf biaxiale Beanspruchung berechnet werden:

- im unteren Bereich auf Außendruck und Zug
- im oberen Bereich auf maximale Zugbelastung und wirksamen Innendruck (s. Anlage 1)

Grundlage für diese Berechnungen ist die Spannungsellipse. Bringen die Ergebnisse der Festigkeitsberechnung eine zu geringe Zugreserve, muß der wirksame Außendruck durch das Einbringen einer Vorlage (Auffüllen des Steigraumes mit Flüssigkeit) verringert werden. Eine andere Möglichkeit zur Erhöhung der Zugreserve ist das Auswechseln der Gestänge durch Gestänge von besserer Qualität. (Beispiel zur Festigkeitsberechnung siehe Anlage 3.)

### 6.1.6. Vorlage

Die Vorlage dient zum Schaffen eines Gegendruckes im Gestäng und wird in folgenden Fällen eingebracht:

- bei Überschreiten des maximalen Differenzdruckes an den Gummielementen (Belastungsgrenze der Gummielemente siehe Anlage 2)
- zur Erhöhung der Zugreserve nach der Festigkeitsberechnung
- zur Begrenzung der Depression in nicht standfestem Gebirge
- zur kontinuierlichen Heraufsetzung der Depression (beim Lifttesten)

Als Vorlagemedium können Flüssigkeiten (Spülung, Wasser) oder Gas bzw. Flüssiggas verwendet werden.

## 6.2. Testdurchführung

Die Testdurchführung auf der Bohranlage wird in folgende Abschnitte gegliedert:

- Auswahl des Packersitzes und Zusammenstellen der Testgarnitur
- Einbau
- Absetzen und Test
- Freiziehen und Ausbau
- Kurzauswertung der Testergebnisse

### 6.2.1. Auswahl des Packersitzes und Zusammenstellen der Testgarnitur

Der Packer trennt und dichtet das Testintervall von der Spülungssäule ab und muß durch die Entlastung unterhalb des Packers ein enormes Gewicht aufnehmen.

Der Auswahl des Packersitzes kommt deshalb eine große Bedeutung zu. Als Absetzbereich ist auf 5 m ein völlig maßhaltiges, nicht klüftiges und standfestes Bohrloch notwendig. Als Hilfsmittel werden die Kaliberkurve, die Gammakurve und der vorhandene Kern verwendet. Das Zusammenstellen der Testgarnitur wird nach den geforderten Testergebnissen vorgenommen und in einem Testprojekt festgelegt. Hier wird entschieden, welche Geräte zum Einsatz gelangen.

### 6.2.2. Einbau

Nach dem Einbau des Stützankers und der Testgarnitur erfolgt der Einbau des Gestängestranges. Hierbei ist folgendes zu beachten:

- Um die Dichtheit zu erhöhen, sind alle Arbeitsverbindungen mit einem geforderten Drehmoment zu kontern.
- Um ein Verstellen der Ventile zu verhindern, darf die Garnitur, die sich unterhalb des Drehtisches befindet, nicht gedreht werden.
- Das verdrängte Spülvolumen ist ständig zu kontrollieren, um Spülvolumenverluste bzw. Zuflüsse während des Einbaues rechtzeitig zu erkennen.
- Das Gummielement wirkt beim Hängenlassen wie ein Kolben und übt einen Staudruck auf den darunter befindlichen Bohrlochabschnitt aus. Um zu verhindern, daß durch diesen zusätzlichen Staudruck der Fracgradient überschritten wird, darf eine maximale Einbaugeschwindigkeit ( $0,7$  bis  $1,0 \text{ m s}^{-1}$  in der Regel) nicht überschritten werden.
- Um ein Öffnen der Geräte und eine Beschädigung des Gummielementes zu verhindern, darf die Garnitur während des Einbaues nicht entlastet werden.

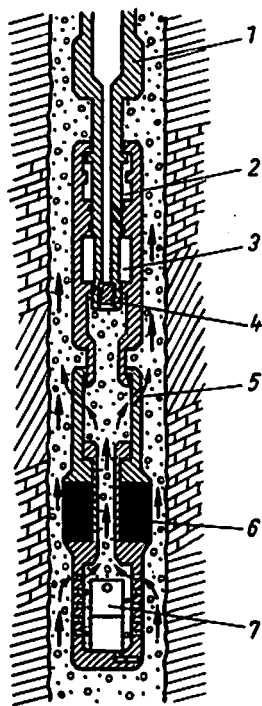


Bild 31

MFE-Garnitur beim Einbau

- 1 Gestängestrag
- 2 Steuer- und Hydrauliksystem des MFE-Testers
- 3 MFE-Doppelventil geschlossen
- 4 Notzirkuliertventil
- 5 Ausgleichventil
- 6 Sicherheitsverriegelung und Packer in Ausgangsstellung
- 7 Tiefenmanometer und perforierter Anker

Bild 31 zeigt eine MFE-Testgarnitur beim Einbau.

Vor Erreichen der Testteufe wird der Gestängeabschlußkopf auf die letzte Stange geschraubt und diese mit dem Kopf in Bereitschaft gelegt.

### 6.2.3. Absetzen und Test

Nach dem Aufsetzen der letzten Stange mit dem Gestängeabschlußkopf erfolgt der eigentliche Testbeginn durch das Absetzen des Packers. Die Garnitur wird auf der Bohrlochsohle abgesetzt und der Packer belastet. Das Gummielement wird bei diesem Vorgang zusammengedrückt, dehnt sich radial aus und preßt sich an die Bohrlochwand. Gleichzeitig wird das Ausgleichventil durch Zusammenschieben geschlossen. Nach einer weiteren Belastung öffnet sich das Testventil, und die Verbindung Steigraum - Testintervall ist geschaffen. In diesem Moment beginnt das Gummielement den gesamtentstehenden Differenzdruck aufzunehmen.

Bei Verwendung von hydraulischen Testgeräten, wie CO-Tester, erfolgt das Öffnen zum Steigraum selbständig, nachdem das Öl im Gerät umgeflossen ist. Wichtig ist für den Moment des Absetzens und Öffnen des Steigraumes das genaue Beobachten des Ringraumes. Es ist die einzige übertägige Kontrolle darüber, ob der Packer dicht ist, d. h. ob keine Spülung durchfließt und in den Steigraum einfließt. Tritt dieser Fall ein, muß der Test als umläufig beendet, die Garnitur ausgebaut und der Test nach entsprechenden Vorarbeiten und einer anderen Wahl des Packersitzes wiederholt werden. Im normalen Falle, d. h., der Packer ist dicht, wird der Test mit den festgelegten Testabschnitten weitergeführt.

Der Test gliedert sich im wesentlichen in folgende vier Testperioden:

- Anfangsfließperiode
- Anfangsschließperiode
- Fließperiode
- Endschließperiode

Die Perioden werden mit Hilfe der eingebauten Testgeräte eingestellt, die Betätigung der Geräte erfolgt durch Drehen, Heben oder Senken des Teststranges von Übertage. Die Zeitdauer der Testperioden ist von den geforderten geologischen Ergebnissen und vom Testablauf selbst abhängig und kann sehr variabel sein.

#### 6.2.3.1. Anfangsfließperiode (AFP)

Die Anfangsfließperiode dient zur kurzzeitigen Entlastung des Testhorizontes und zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit der Testgeräte. Sie überschreitet in der Regel nicht 5 Min. Die aus dem Horizont entnommene Menge ist in dieser Zeit sehr gering, und der ursprüngliche Lagerstättendruck kann in der darauffolgenden Schließperiode besser bestimmt werden.

Die Anfangsfließperiode zeigt die Stärke des Zuflusses und läßt operativ Entscheidungen zur weiteren Testdurchführung zu.

#### 6.2.3.2. Anfangsschließperiode (ASP)

Zur Durchführung der Anfangsschließperiode wird die Verbindung vom Speicher zum Steigraum unterbrochen. Durch die geringe entnommene Menge während der Anfangsfließperiode kann sich der Schichtdruck sehr genau einstellen. Die Zeitdauer wird an Hand von Erfahrungswerten und den Zuflußanzeichen aus der Anfangsfließperiode festgelegt. Wurden in der Anfangsfließperiode größere Mengen Zufluß festgestellt, die auf einen Gaszufluß schließen lassen, wird während der Dauer der Anfangsschließperiode eine Förderleitung vom Gestängeabschlußkopf zum E-Manifold und von dort weiter über die Meßstrecke zur Fackel hergestellt und entsprechend den sicherheitstechnischen Anforderungen abgedrückt.



### 6.2.3.3. Fließperiode (FP)

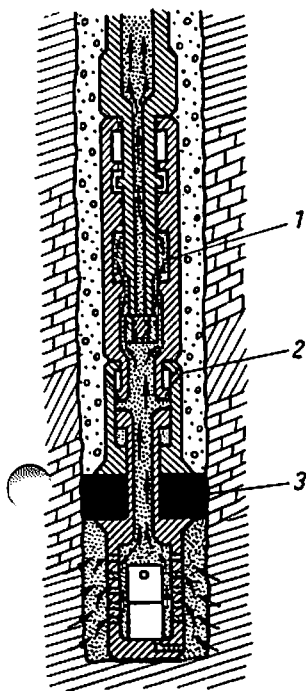
Durch das Öffnen des geschlossenen Ventils in der Testgarnitur wird die Anfangsschließdruckperiode beendet und die Fließperiode eingeleitet.

Diese Periode wird als eigentliche Förderperiode angesehen, da das Medium über einen längeren Zeitraum in das Gestänge einfließen kann (Bild 32). Bei eruptivem Zufluß werden zur Erhöhung der Aussagefähigkeit Mengenmessungen durchgeführt und verschiedene Regime gefahren. Bei Gasförderung - besonders auf unbekanntem Lagerstätten - ist der Zufluß auf schädliche oder giftige Begleitstoffe zu untersuchen, um Schäden an der Gesundheit der Menschen zu verhüten. Der Test muß bei Feststellen von solchen Schadstoffen sofort beendet werden.

Bild 32

MFE-Garnitur beim Test - Fließperiode

- 1 MFE-Doppelventil geöffnet
- 2 Ausgleichventil geschlossen
- 3 Sicherheitsverriegelung und Packer in Arbeitsstellung (aktiviert)



#### 6.2.3.4. Endschließperiode (ESP)

Nach dem Abschließen des Meßprogramms bzw. wenn die festgelegte Zeit der Fließperiode erreicht wurde, wird der Testhorizont wieder in der Testgarnitur vom Steigraum abgeschlossen. Es erfolgt im Testbereich ein Druckaufbau nach der Fließperiode, in der der Horizont über eine längere Zeit entlastet bzw. eine größere Menge des Lagerstätteninhaltes entnommen wurde (Bild 33). Der Druckaufbau in der Endschließperiode ist

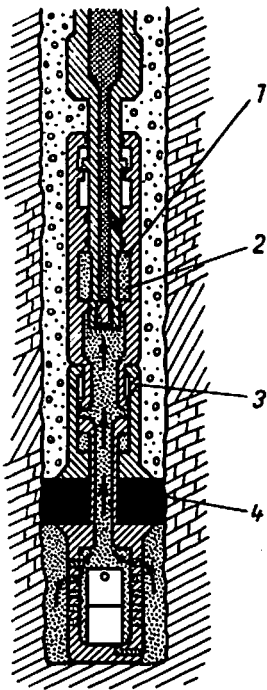


Bild 33

MFE-Garnitur beim Test - Endschließperiode  
1 MFE-Doppelventil geschlossen  
2 MFE-Probekammer, Zuflußprobe unter Endfließbedingungen eingeschlossen  
3 Ausgleichventil geschlossen  
4 Sicherheitsverriegelung und Packer in Arbeitsstellung (aktiviert)

für die Auswertung des Testes notwendig. Während der Endschließperiode werden Vorbereitungen für das nachfolgende Freiziehen und den Ausbau getroffen, wie z. B. Entlasten des Steigraumes bei Gaszufluß, Tiefenprobennahme bei Flüssigkeitszufluß, Wasserspiegeleinmessen und Demontage der Leitungen.

#### 6.2.4. Freiziehen und Ausbau

Mit dem Freiziehen wird der eigentliche Test beendet. Beim langsamen Anziehen der Garnitur wird, wenn mit dem Testventil gearbeitet wurde, dieses geschlossen und das Ausgleichventil geöffnet. Wurde mit einem hydraulischen Testgerät gearbeitet, wird auch erst der Steigraum verschlossen und danach das Ausgleichventil geöffnet. Die Ringraumspülung hat jetzt die Möglichkeit, über den Packer in das Testintervall zu strömen und den gleichen Druck herzustellen, wie er über dem Packer herrscht. Ohne diesen Druckausgleich ist das Freiziehen des Packers unmöglich, da die gesamte sich über dem Packer befindliche Spülungssäule mit angehoben werden muß. Löst sich der Packer nicht sofort, ist mehrmals mit jeweils steigender Zugbelastung in Spannung zu ziehen. Die in der Festigkeitsberechnung festgelegte Zugreserve darf nicht überschritten werden. Wurde vor dem Test eine Vorlage aus Gründen der Zugreserve aufgefüllt, ist diese nach einem Gastest, bei dem sie ausgeworfen wurde, wieder einzufüllen. Wurde der Gasdruck vom Steigraum noch nicht abgelassen, kann die Testgarnitur mit diesem unter Innendruck stehenden Gestängestrang freigezogen werden. Schwierig gestaltet sich das Freiziehen bei Flüssigkeitszufluß. Die Normallast, d. h., die Last vor dem Absetzen der Garnitur hat sich durch das zugeflossene Medium erhöht. Um genauere Kenntnis von der Lastenveränderung zu erhalten, ist es zweckmäßig, den Flüssigkeitsspiegel vor dem Freiziehen einzumessen. Ein Hilfsmittel zum Freiziehen ist die Schlag-schere, die speziell für solche Fälle in die Testgarnitur eingebaut wird. Durch die Schläge wird das Gummielement aus seinem Sitz gerissen und die Garnitur frei. Eine der letzten Maßnahmen ist das Auszirkulieren des Steigraumes, das Auffüllen mit Spülung. Die Zugreserve wird bedeutend erhöht, allerdings die geologische Aussagefähigkeit, besonders bei Flüssigkeitszufluß, gleichzeitig verfälscht. Ist nach dem Freiziehen noch ein Kopfdruck vorhanden, wird der Steigraum entlastet und mit niedrigster Hubgeschwindigkeit mit dem Ausbau begonnen. Es ist dabei sehr wichtig, das Bohrloch ständig voll Spülung zu halten und laufend eine Kon-

trolle über die in das Bohrloch einfließende Menge durchzuführen. Die Gefahr des Ankolbens der Lagerstätte, bedingt durch den verhältnismäßig großen Packerquerschnitt, ist bei druckstarken Sonden besonders groß.

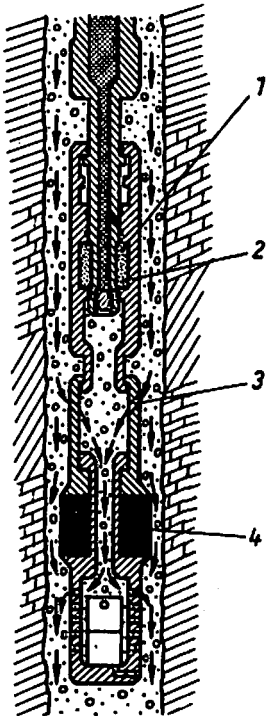


Bild 34

MFE-Garnitur beim Ausbau

- 1 MFE-Doppelventil geschlossen
- 2 MFE-Probekammer, Zuflußprobe unter Endfließbedingungen eingeschlossen
- 3 Ausgleichventil geöffnet
- 4 Sicherheitsverriegelung und Packer in Ausgangsstellung (aktiviert)

Der Ausbau Bild 34 wird bis in die Rohrtour durchgeführt. Befindet sich der Rohrschuh in sehr weiter Entfernung von der Sohle, wird bis in einen standfesten Bohrlochbereich gebaut.

Hier erfolgt eine Druckaufbaumaessung. Stellt sich am Ringraum Druck ein bzw. ist schon zu Beginn des Ausbaus mehr Spülung aus dem Bohrloch heraus- als hineingelaufen, muß auszirkuliert werden. Zu diesem Zweck wird das Zirkulations- oder das Durchbruchzirkulationsventil geöffnet und mit dem Pumpvorgang begonnen. Der Ausbau kann erst dann fortgesetzt werden, wenn im Ring- und Steigraum kein Kopfdruck mehr vorhanden ist.

Nach Erreichen einer gewissen Entfernung der Garnitur von der Bohrlochsohle wird der Ausbau zügig durchgeführt, um das Bohrloch so schnell wie möglich für die nächste Garnitur freizumachen und völlig zu beherrschen.

Wichtig ist bei einem normalen Ausbau und Flüssigkeitszufluß die Probenahme. Nach Erreichen des Rohrschuhs und der Durchführung der Druckaufbaumessung ist es angebracht, Tiefenproben zu entnehmen. Weitere Proben werden beim weiteren Ausbau entnommen. Mit der Feststellung des Spiegels kann die exakte Zuflußmenge bestimmt werden.

#### 2.5. Schnellauswertung und Tiefenmanometerdiagramme

Nach dem Ausbau der Testgarnitur und bei Vorliegen der Tiefenmanometerdiagramme wird eine Kurzinterpretation des Testes durchgeführt.

Folgende Parameter können sofort bestimmt werden:

- Druckwerte
- Schichtmedium
- Schichttemperatur
- Zuflußmenge

Wichtigstes Zeugnis des Testes ist das Druckdiagramm. Am Verlauf der Drucklinie läßt sich jede Arbeitsphase rekonstruieren. Jede Druckveränderung im Bereich des Tiefenmanometers zeigt sich im veränderten Drucklinienverlauf wieder. Bild 35 zeigt das Druckdiagramm eines Testes mit Flüssigkeitszufluß.

Die Bilder 36 und 37 zeigen das Druckdiagramm bei Gaszufluß bzw. das einer "trockenen" Lagerstätte.