

Tiefbohrtechnik

# **Schichtenprüferte zur Lagerstätten erkundung**

Von Ing. Hugo Rosin

Mit 37 Bildern und 3 Anlagen



VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie  
Leipzig

Herausgegeben von der VVE Erdöl-Erdgas, Gommern  
Leitung und Organisation: Abt. Bildung

Nur für die Qualifizierung im Bereich des Ministeriums  
für Geologie bestimmt

Gutachter:

Dipl.-Ing. Ing. Wolfgang Seidel

Ing. Klaus Stinsky

1. Auflage

©VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1976

VLN 152-915/52/76

LSV 3183

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: VEB Druckerei "Thomas Müntzer",

Bad Langensalza

Redaktionsschluß: 30. 10. 1975

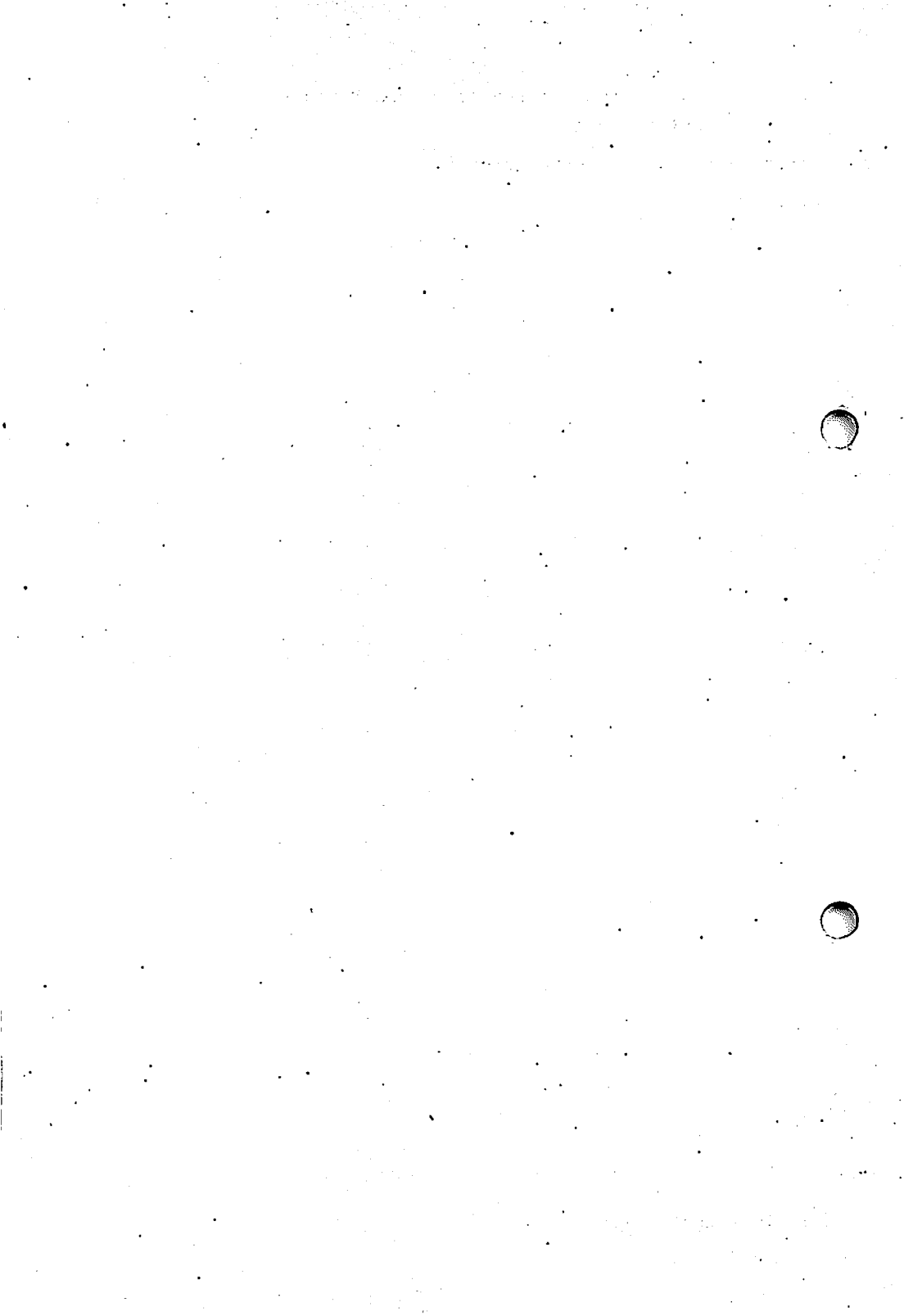
Bestell-Nr. 541 231 6

## Inhaltsverzeichnis

1.	Aufgaben und Zielstellung von Schichtenprüfertesten	7
2.	Prinzip des Gestängetestes	8
3.	Geräteausrüstung /1 bis 5/	9
3.1.	Untertägige Geräteausrüstung	9
3.1.1.	Grundgeräte	9
3.1.1.1.	Ankerschuh (AS)	9
3.1.1.2.	Perforierter Anker (Siebrohr, SR)	10
3.1.1.3.	Packer	10
3.1.1.4.	Ausgleichventil (AGV)	13
3.1.1.5.	Testventil (TV)	15
3.1.2.	Sicherheitsgeräte	16
3.1.2.1.	Links-Rechts-Verbinder (LRV)	16
3.1.2.2.	Sicherheitsverbinder (SV)	16
3.1.2.3.	Hydraulische Schlagschere (HS)	17
3.1.2.4.	Durchbruchzirkulationsventil (DBZV)	18
3.1.2.5.	Zirkulierventil (ZV)	20
3.1.3.	Ergänzungsgeräte	20
3.1.3.1.	Tiefenmanometer (TM)	20
3.1.3.2.	Manometerschutzrohr (MSR)	21
3.1.3.3.	Berstscheibenventil (BSV)	21
3.1.3.4.	Vierstufenventil (4-STV, DT)	22
3.1.3.5.	Sechsstufenventil (6-StV, DT)	25
3.1.3.6.	Unitester (UT)	24
3.1.3.7.	Hydraulisches Testgerät (HT), Typ "C-O" (COT)	24
3.1.3.8.	Gebirgsanker (GBA)	25
3.1.4.	MFE-Testgeräte	26
3.1.4.1.	MFE-Tester	26
3.1.4.2.	MFE-Ausgleichventil	27
3.1.4.3.	Sicherheitsverriegelung	27
3.1.4.4.	Hydrostatischer Lastverstärker	28
3.1.4.5.	MFE-Futterrohrausgleichventil	28
3.2.	Obertägige Ausrüstung	29

3.2.1.	Gestängeabschlußkopf (GAK)	29
3.2.2.	Meßstrecke	29
3.3.	Zusatzausrüstungen	31
3.3.1.	Säurebehandlungsgerät	31
3.3.2.	Steigrohrtestgeräte	31
3.3.3.	Sprengstoff-Frac	32
3.3.4.	Einwurftester	32
4.	Kabeltest	32
5.	Testvarianten und Testgarnituren /5, 6/	35
5.1.	Teste im offenen Bohrloch	35
5.1.1.	Normaltest	35
5.1.2.	Straddle-Test	37
5.1.3.	MFE-Test	37
5.2.	Teste im verrohrten Bohrloch	38
5.3.	Gestängelifttest	38
6.	Testdurchführung /6/	39
6.1.	Vorbereitungsarbeiten zur Durchführung von Gestängetesten	39
6.1.1.	Spülung	39
6.1.2.	Bohrloch, Bohrlochsohle und unverrohrter Bohrlochabschnitt	40
6.1.3.	Gestängegarnitur	41
6.1.4.	Bohranlage	41
6.1.5.	Festigkeitsberechnung	42
6.1.6.	Vorlage	42
6.2.	Testdurchführung	43
6.2.1.	Auswahl des Packersitzes und Zusammen- stellen der Testgarnitur	43
6.2.2.	Einbau	43
6.2.3.	Absetzen und Test	45
6.2.3.1.	Anfangsfließperiode (AFP)	46
6.2.3.2.	Anfangsschließperiode (ASP)	46
6.2.3.3.	Fließperiode (FP)	47
6.2.3.4.	Endschließperiode (SP)	48
6.2.4.	Freiziehen und Ausbau	49
6.2.5.	Schnellauswertung und Tiefenmanometerdiagramme	51

7.	Ökonomische Einschätzung und Schluß- betrachtung	51
	Literatur- und Quellenverzeichnis	54
	Anlagen	55



## 1. Aufgaben und Zielstellung von Schichtenprüfertesten

Ein sehr wichtiges Hilfsmittel der Bohrtechnik zum Auffinden und Erkennen von Erdöl- und Erdgaslagerstätten ist der Test.

Bis zu Beginn der 60er Jahre geschah dies durch den Routine-test, der auf höffigen Bohrungen nach deren Beendigung durchgeführt wurde. Er erforderte einen beträchtlichen Aufwand an Arbeitskräften und erhebliche Investitionen, die zur testgerechten Installation einer Bohrung sowie zum Test selbst benötigt wurden.

In den darauffolgenden Jahren begann in der DDR die Untersuchung der Horizonte immer häufiger mit Zwischentesten, deren wichtigster der Schichtenprüfertest, bekannt als Gestängetest, ist.

Der Schichtenprüfertest ist ein kurzfristiges Inproduktionsetzen einer höffigen Schicht mit folgenden Aufgaben:

- Zuflußerregung des Schichtmediums
- Probenahme vom Schichtmedium
- Bestimmung der Schichtparameter

Das besondere daran ist, daß die Testarbeiten während einer kurzen Unterbrechung des eigentlichen Bohrprozesses, also sofort nach Durchteufen der höffigen Schicht und lange vor Beendigung der Bohrung im unverrohrten Bohrloch, durchgeführt werden.

Die Ergebnisse des Testes schaffen die Möglichkeit, den Horizont auf seine Abbauwürdigkeit zu untersuchen und wichtige Entscheidungen über den weiteren Ablauf der Bohrung zu fällen. Es werden Angaben über Art und Menge des Schichtinhaltes und unverfälschte Schichtparameter, wie z. B. ursprünglicher Schichtdruck, Fließdruck und Durchlässigkeit des Gesteins, ermittelt.

## 2. Prinzip des Gestängetestes

Der Gestängetest ist ein kurzfristiges Inproduktionssetzen des zu testenden Horizontes. Wie dies erreicht wird, soll im folgenden beschrieben werden.

Der Testbereich steht unter dem hydrostatischen Druck der Spülungssäule, der in der Regel größer sein wird als der vorhandene Lagerstättendruck, unter dem der Schichtinhalt steht. Eine Fließbewegung aus dem Horizont heraus ist unter diesen Bedingungen nicht möglich.

Das Prinzip des Gestängetestes (Bild 1) beruht darauf, die zu testende Schicht von diesem hydrostatischen Druck zu entlasten. Ein eventuell vorhandener fließbarer Lagerstätteninhalt kann jetzt bei geringem Druck aus dem Speichergestein austreten. Um diese Entlastung zu erreichen, wird die Gestängegarnitur (Schwerstangen und Bohrgestänge) mit der darunter befindlichen Testgarnitur schwimmend eingebaut, d. h., beim Einbau tritt in das Gestänge keine Spülung ein. Während des Absetzens der Testgarnitur auf der Bohrlochsohle wird das Testintervall mit einem Packer von dem restlichen Bohrlochabschnitt getrennt und abgedichtet.

Durch eine Ventilkombination wird eine Verbindung zwischen dem Gestängeninneren (Steigraum) und dem Testintervall geschaffen. Das Intervall wird mit der im Gestänge geschaffenen Luftsäule in Verbindung gebracht. Die Last der Spülungssäule des Ring-

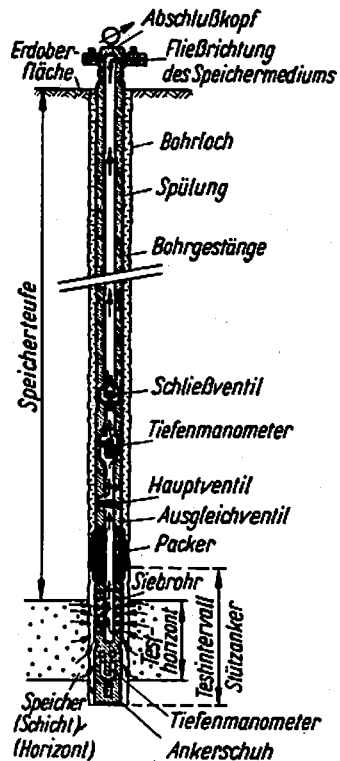


Bild 1. Prinzip des Gestängetestes



raumes wird auf dem Packerelement abgefangen und über den Stützanker auf die Bohrlochsohle übertragen.

Dem Druck des Testhorizontes steht nun der geringe Druck der Luftsäule des Steigraumes gegenüber. Dieser Druck ist um ein Vielfaches geringer als der, den die Spülungssäule vorher ausgeübt hat; aber auch geringer als der Lagerstättendruck des Testintervalls.

$$P_{Sp} > P_{Lgst} > P_{Str}$$

$P_{Sp}$  Druck der Spülungssäule

$P_{Lgst}$  Druck der Lagerstätte

$P_{Str}$  Druck im Steigraum

### 3. Geräteausrüstung /1 bis 5/

#### 3.1. Untertägige Geräteausrüstung

Die untertägige Geräteausrüstung besteht aus:

- Grundgeräten
- Sicherheitsgeräten
- Ergänzungsgeräten

##### 3.1.1. Grundgeräte

Die Grundgeräte sind die Geräte, die zur Durchführung von Zuflußtesten unbedingt erforderlich sind. Von der Bohrlochsohle aus beginnend wären das:

###### 3.1.1.1. Ankerschuh (AS)

Der Ankerschuh dient der Lastübertragung vom Packer über den Anker auf die Bohrlochsohle. Um eine hohe Auflagefläche zu erhalten und somit ein Eindringen des Stützankers in die Bohrlochsohle zu verhindern, ist der Ankerschuh nach unten geschlossen.

Zum Abfluß der Spülung aus dem Anker beim Ausbau ist er mit ein bis zwei seitlichen Bohrungen versehen.

### 3.1.1.2. Perforierter Anker (Siebrohr, SR)

Der Anker stützt den Packer auf der Bohrlochsohle. Da der auf den Packer wirkende Differenzdruck eine gewaltige Belastung auf den Anker erzeugt, kommt der aus Schwerstangenstücken bestehende schwere Anker zum Einsatz. Um der Formation die Möglichkeit zu geben, Flüssigkeit bzw. Gas in die Garnitur und das Gestänge zu fördern, werden Teile des Ankers geschlitzt oder perforiert (Siebrohr, s. Bild 2).

Die Öffnungen werden klein genug gehalten, um ein Verstopfen der Testgeräte durch Eintreten von Filterkuchen oder Bohrklein zu vermeiden. Die Stützankerlänge

ist begrenzt. Wird sie zu groß gewählt, kann es beim Absetzen zum Ausknicken des Ankers führen. Das an die Bohrlochwand gedrückte Gummielement wird beim Nachrutschen zerstört (evtl. Umläufigkeit). Auch die Gefahr des Festwerdens durch Ankleben (Differenzdruck) bzw. Nachfall wird verringert. Beim Test im offenen Bohrloch ist die Stützankerlänge auf maximal 35 m beschränkt.

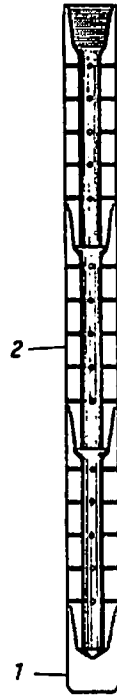


Bild 2  
Perforierter  
Anker  
1 Ankerschuh  
2 Siebrohr

### 3.1.1.3. Packer

Der Packer dichtet die zu untersuchende Schicht vom restlichen Bohrlochabschnitt ab.

Nach der Art der Ausdehnung des Gummielementes werden unterschieden:

- hydraulische und
- mechanische Packer

Die hydraulischen Packer gelangen bei Gestängetesten nicht zum Einsatz und werden in diesem Rahmen nicht weiter behandelt. Beim Setzen des mechanischen Packers wird das Gummielement von unten gestützt, von oben aber in seiner Längsrichtung zusammengeschoben. Da Gummi inkompressibel ist, dehnt er sich dabei in radialer Richtung aus, d. h., das Gummielement vergrößert seinen Durchmesser. Es preßt sich an die Bohrlochwand an.

Bei Gestängetestarbeiten gelangen zwei Arten von mechanischen Packern zum Einsatz:

- Open-Hole-Packer
- Casing-Packer

Der Einsatz der Open-Hole-Packer erfolgt in der Regel im offenen Bohrloch (open hole - offenes Loch). Sie können auch in speziellen Garnituren (z. B. Straddle-Garnitur) im verrohrten Bohrloch verwendet werden, während der Casing-Packer, wie der Name es sagt, ein Futterrohrpacker ist (Bild 3).

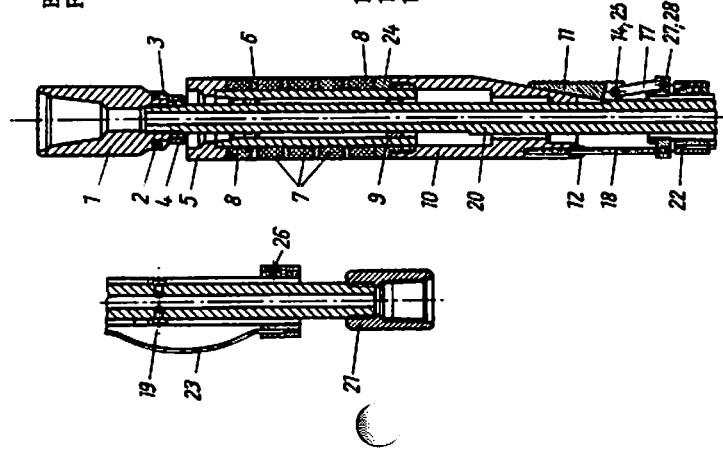


Bild 3

Futterrohrpacker

- |                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| 1 Kopfstück       | 14 Verschraubung     |
| 2 Sitzring        | 17 Lasche            |
| 3 Schwimmring     | 18 Rückhaltebolzen   |
| 4 Mutter          | 19 Setzbolzen        |
| 5 Ventilsitz      | 20 Rohr              |
| 6 Zwischenelement | 21 unterer Verbinder |
| 7 Packerelement   | 22 Federkorb         |
| 8 (80 Shore)      | 34 Feder             |
| 9 (90 Shore)      | 24 Stützmutter       |
| 10 Ringmuffe      | 25 Zylinderstift     |
| 11 Greiferschale  | 26 Sechskantschraube |
| 12 Bolzenlager    | 27 Bolzen            |
|                   | 28 Splint            |

Das Widerlager für die Absetzlast wird beim Futterrohrpacker nicht wie beim Open-Hole-Packer über einen Stützanker erzeugt. Er hakt sich mit seinen Greifern in der Rohrwand fest und kann dann belastet werden.

Die Open-Hole-Packer untergliedern sich in zwei Typen:

- herkömmliche Packer (Conventional-Packer, (Bild 4))
- Bobtail-Packer (Bild 5)

Die Ausdehnungskoeffizienten (Verhältnis Bohrlochdurchmesser zu Gummielementdurchmesser) betragen beim:

herkömmlichen Packer  $\frac{d_{BL}}{d_{GE}} = 1,04 \text{ bis } 1,15$

Bobtail-Packer  $\frac{d_{BL}}{d_{GE}} = 1,04 \text{ bis } 1,25$

Futterrohrpacker  $\frac{d_{iRt}}{d_{GE}} = 1,06 \text{ bis } 1,09$



Bild 4  
Herkömmlicher  
Packer



Bild 5  
Bobtail-  
Packer  
1 vor dem  
Test  
2 während  
des Testes  
3 nach dem  
Test

$d_{BL}$  Bohrlochdurchmesser  
 $d_{GE}$  Durchmesser des Gummielementes  
 $d_{iRt}$  innerer Rohrtourdurchmesser

Diese Werte müssen eingehalten werden. Wird der Packer zu groß gewählt, kann es beim Einbau zu Fracerscheinungen und beim Ausbau zum Ankolben der Lagerstätten führen. Bei zu kleinem Durchmesser dichtet der Packer nicht einwandfrei ab. Die Einsatzgrenzen der Packer sind durch maximale Temperatur und Druckdifferenz, d. h. Druck oberhalb des Packers zu Druck unterhalb des Packers, begrenzt. Sie betragen  $175^{\circ}\text{C}$  und  $450 \text{ kp cm}^{-2}$ .

Auf Bohrungen mit Teufen über 2500 m oder mit nicht einwandfreiem Kaliber werden zwei Packer als Doppelpacker eingesetzt.

#### 3.1.1.4. Ausgleichventil (AGV)

Das Ausgleichventil ist das wichtigste Gerät während des Freiziehens der Garnitur nach dem Test und wird in jedem Fall oberhalb des Packers eingebaut. Es stellt beim Freiziehen eine Verbindung zwischen der Spülungssäule oberhalb des Packers und dem Testintervall her. Die Spülung hat die Möglichkeit, in den durch den Test entlasteten Bohrlochabschnitt einzufließen und den gleichen Druck herzustellen, wie er über dem Packer herrscht.

Ohne diesen Ausgleich müßte beim Freiziehen die gesamte Spülungssäule, die auf dem Packer lastet, mit angehoben werden.

Beim Ein- und Ausbau der Testgarnitur fließt ein Teil der verdrängten oder einfließenden Spülung durch das Ausgleichventil. Die Gefahr des Frac- bzw. Kolbeffektes, hervorgerufen durch den großen Durchmesser der Gummielemente, wird somit stark vermindert.

Das Ausgleichventil arbeitet durch Heben oder Senken der Gestängegarnitur. Das Öffnen oder Schließen des Ventils wird durch das Verschieben eines mit Öffnungen versehenen Rohres durch eine Packung bewirkt. Sind die Öffnungen über der Packung, ist das Ventil geöffnet; sind die Öffnungen unter der

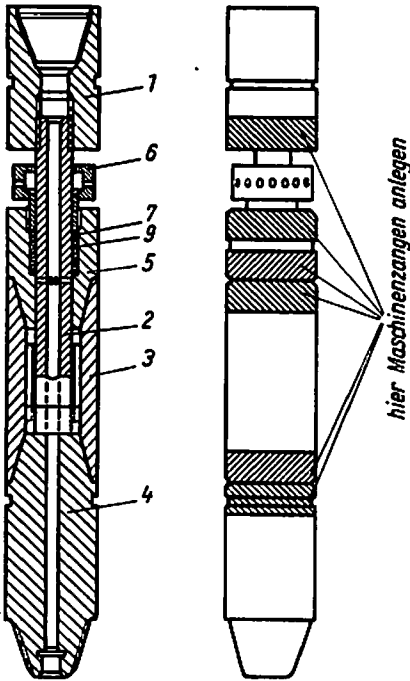


Bild 6  
 Ausgleichventil ohne Sperre  
 1 oberer Verbinder  
 2 Degenrohr  
 3 Ventilgehäuse  
 4 Obergang  
 5 Stopfbuchse  
 6 Stopfbuchskappe  
 7 Scheibe  
 9 Packung

Packung, ist es geschlossen. Ausgleichventile werden in drei Typen hergestellt:

- mit Einzelsperre
- mit Doppelsperre
- ohne Sperre (Bild 6)

Das Ausgleichventil mit Einzelsperre kann in geschlossener Stellung durch eine halbe Umdrehung arretiert werden.

Diese Arretierung verhindert ein ungewolltes Aufschieben des Ausgleichventils bei hohen Steigraumdrücken sowie das Öffnen bei Zugbelastung.

Das Ausgleichventil mit Doppelsperre kann in geöffneter oder geschlossener Stellung arretiert werden.

Das Ventil kann also auch im abgesetzten Zustand offengehalten werden. Es schafft eine Zirkulationsmöglichkeit oberhalb des Packers bei geöffnetem Steigraum.

### 3.1.1.5. Testventil (TV)

Das Testventil (Bild 7) ist ein einfaches, federbelastetes Ventil. Es bleibt solange in geschlossener Stellung, bis durch Belastung (3 bis 5 Mp) die Federkraft überwunden wird. Der Ventilteller hebt sich vom Sitz ab, öffnet den Steigraum zum Horizont hin, und das Zuflußmedium kann in das Gestänge einfließen. Beim Anheben der Gestängegarnitur kommt es zu einer Entlastung der Testgarnitur, und die Feder schließt



Bild 7  
Testventil

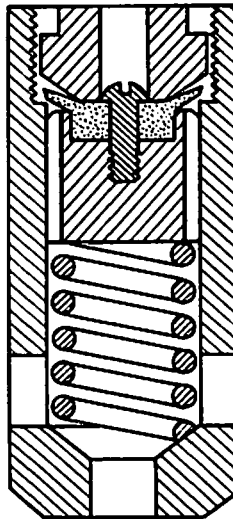


Bild 8  
Notzirkulations-  
ventil

das Ventil. Das geschlossene Ventil verhindert das Abfließen der zugeflossenen Flüssigkeit während des Ausbaus. Die Feder des Testventils wird vor dem Test mit einer Spannmutter vorgespannt, um Undichtheiten im Ventilsitz vorzubeugen. Nach dem Einsatz wird die Feder zum Vermeiden von Ermüdungserscheinungen wieder entspannt.

Den unteren Abschluß des Testventils bildet ein Notzirkulationsventil (Bild 8). Durch dieses Ventil können auch im angezogenen Zustand des Testventils (Ventil geschlossen) Zirkulationsarbeiten durchgeführt werden.

### 3.1.2. Sicherheitsgeräte

Die Sicherheitsgeräte sind zur unmittelbaren Testdurchführung nicht notwendig. Ihr Einsatz dient lediglich einer sicheren, havariefreien Durchführung des Tests. Die Sicherheitsgeräte werden vorbeugend eingebaut; eventuell auftretenden Schwierigkeiten kann so besser entgegengewirkt werden.

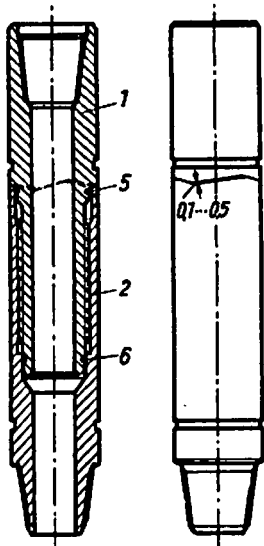
#### 3.1.2.1. Links-Rechts-Verbinder (LRV)

Der Links-Rechts-Verbinder ermöglicht beim Festwerden des Stützankers das Abschrauben der Testgarnitur vom Anker und die Bergung der Garnitur. Er ist ein aus zwei Übergängen bestehender Verbinder und stellt das unterste Teil der eigentlichen Testgarnitur dar. Im Gegensatz zu allen anderen Verbindungen der gesamten Garnitur, die mit Rechtsgewinde versehen sind, ist die mittlere Verbindung des Links-Rechts-Binders mit Linksgewinde ausgestattet. Dieses Gewinde wird übertage mit 200 kpm gekontert. Sollte der sich unterhalb des Links-Rechts-Binders befindliche Teil des Ankers während des Testes festgeworden sein (Nachfall, Ankleben), wird durch normales Rechtsdrehen das Linksgewinde gelöst, und der Ausbau der Testgarnitur ist gesichert.

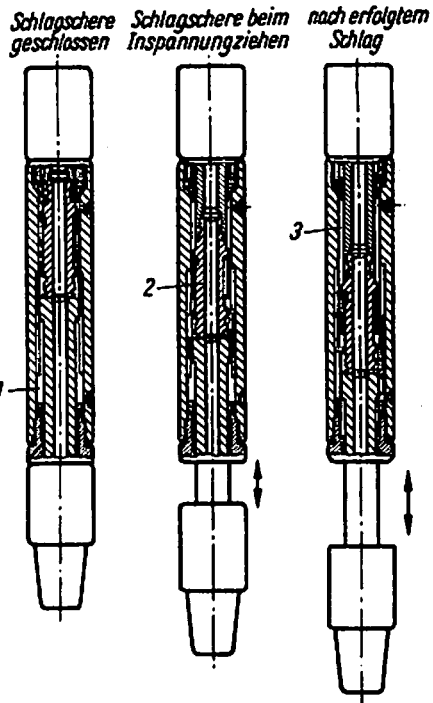
#### 3.1.2.2. Sicherheitsverbinder (SV)

Sollte die Situation es erfordern (Festwerden des Packers), gewährleistet der Sicherheitsverbinder (Bild 9) ein zuverlässiges Trennen der Testgarnitur unmittelbar oberhalb des Packers. Das Auseinanderschrauben ist verhältnismäßig leicht durchführbar, da der Sicherheitsverbinder nicht gekontert, sondern nur mit der Kettzange verschraubt wird. Ebenso leicht wie er sich lösen läßt, kann man ihn wieder verschrau-





**Bild 9. Sicherheitsverbinder**  
 1 Zapfenstück  
 2 Muffenstück  
 5 und 6 Rundring



**Bild 10. Hydraulische Schlagschere**  
 1 untere Kammer  
 2 Kolben  
 3 obere Kammer

ben. Der Sicherheitsverbinder besteht aus zwei Teilen, die mit einem Spezialgewinde verbunden sind. Er wird direkt über dem Packer eingebaut.

### 3.1.2.3. Hydraulische Schlagschere (HS)

Das Lösen von Gestänge oder anderen Ausrüstungen, die in einer Bohrung festgeworden sind, erfordert die Anwendung eines Gerätes, das imstande ist, eine fortlaufende Serie von Schlägen auszuführen. Mit Hilfe der hydraulischen Schlagschere (Bild 10) kann eine solche Schlagserie ausgelöst werden, ohne daß sie dabei zu Bruch geht. Man kann mit ihr Schläge bestimmter Stärke ausführen.

Mit der Schlagschere können Drehungen in geringem Maße übertragen werden. Der Einbau der hydraulischen Schlagschere erfolgt unmittelbar über dem Punkt, an dem man zuerst ein Festwerden erwarten kann. In der Testgarnitur ist dieser Punkt, bedingt durch seinen großen Durchmesser, der Packer. Aber auch bei Einsätzen außerhalb der normalen Testarbeit, z. B. bei Festwerdehavarien, zeigt die hydraulische Schlagschere eine hohe Effektivität. Das technische Prinzip der hydraulischen Schlagschere ist einfach die Tatsache, daß Flüssigkeiten inkompressibel sind.

Die Betätigung der hydraulischen Schlagschere erfolgt durch Anziehen und Hängenlassen des Gestängestranges. Die Intensität der Schläge ist von der Geschwindigkeit, mit der man das Gestänge anzieht, und von der Oberlast abhängig.

Zu Beginn des Schlagvorganges wird die Garnitur in Spannung gebracht. In der unteren mit Öl gefüllten Kammer kommt es durch das Einführen eines Kolbens zu einer Volumenverringerng und zu einem enormen Druckanstieg des Öls. Dieser Druckanstieg treibt das Öl durch einen engen Spielraum zwischen Kolben und Ventilgehäuse und weiter in die drucklose obere Kammer. Der Spielraum ist sehr klein, und es strömt sehr wenig Öl um. Der Kolben bewegt sich langsam im Ventilgehäuse. Wenn der Kolben die große Fläche im Gehäuse erreicht hat, kann das Öl ungehindert in die obere Kammer strömen. Das Gehäuse wird jetzt ohne Einschränkung frei beweglich durch die Spannung im Gestänge aufwärts getrieben. Dadurch schlägt der Hammer auf den Amboß, und der Schlag wird ausgelöst.

Um die Schlagschere in ihre Ausgangsstellung zurückzubringen, wird das Gestänge herabgelassen. Der Kolben, der einen automatischen Umlauf hat, wird leicht durch das Ventilgehäuse zurückgeschoben.

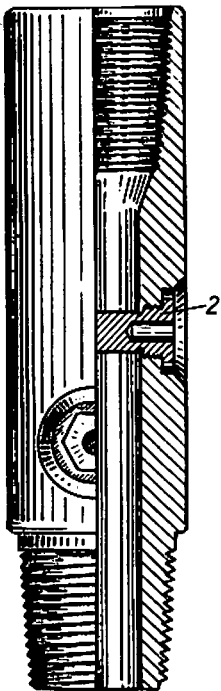
#### 3.1.2.4. Durchbruchzirkulationsventil (DBZV)

Das Durchbruchzirkulationsventil ist ein Gerät, mit dessen Hilfe eine Verbindung zwischen Ring- und Steigraum oberhalb der Schwerstangen hergestellt wird. Es arbeitet rein mechanisch.

Das Durchbruchzirkulationsventil (Bild 11) ist mit zwei Bohrungen versehen. In diese Bohrungen werden sogenannte Durchbruchstopfen - am Ende verschlossene Hohlgeschrauben - eingeschraubt. Durch das Einwerfen eines Fallstabes in das Bohrgestänge werden die in den Steigraum hineinragenden Stopfen abgebrochen. Der Ringraum ist mit dem Steigraum verbunden. Unterhalb der Stopfen ist eine Fangplatte eingebaut. Diese verhindert das Durchfallen des Einwurfstabes nach dem Abschlagen der Durchbruchstopfen.

Ungünstig wirkt sich der Einsatz des Durchbruchzirkulationsventils durch seine große Entfernung vom Testhorizont aus. Der relativ kleine Innendurchmesser der Schwerstangen verhindert das einwandfreie Durchfallen des Fallstabes durch die Schwerstangen und damit das Abschlagen der Stopfen.

Das Durchbruchzirkulationsventil wird aus diesem Grunde zwischen dem Gestänge und den Schwerstangen eingebunden. Macht



1

Bild 11  
Durchbruchzirkulationsventil  
1 Fallstab  
2 Durchbruchstopfen

sich nach einem Gastest ein Zirkulieren über dem Durchbruchzirkulationsventil erforderlich, kann die gesamte sich darunter befindliche Gasblase nur mit einem hohen Zeitaufwand ausgespült werden.

### 3.1.2.5. Zirkulierventil (ZV)

Das Zirkulierventil dient dem gleichen Zweck wie das Durchbruchzirkulationsventil: Schaffen einer Ringraum - Steigraumverbindung. Das Ventil arbeitet hydraulisch. Ein Kolben, gesichert durch einen Abscherstift, verschließt bei dem normalen Arbeitsgang die Verbindungsöffnung. Sollte die Notwendigkeit des Zirkulierens bestehen, wird der Steigraum bis zum Abscheren des Stiftes aufgepumpt. Der Kolben gibt die Zirkulieröffnung frei, und es kann gespült werden.

### 3.1.3. Ergänzungsgeräte

Ergänzungsgeräte sind zur unmittelbaren Testdurchführung nicht notwendig. Sie erhöhen die Aussagefähigkeit des Testes und können an Stelle anderer Gerätekombinationen oder als Zusatzgeräte eingesetzt werden.

#### 3.1.3.1. Tiefenmanometer (TM)

Um eine genaue Aussage des Testes machen zu können, ist eine Druckmessung im Bereich des Testhorizontes unbedingt erforderlich. Diese Druckmessungen werden mit Tiefenmanometer durchgeführt (Bild 12). Die verwendeten Manometer erfahren eine Federauslenkung, hervorgerufen durch einen Druckunterschied beiderseits des Manometerkolbens.

Es werden nach der Art der Federn zwei Manometertypen unterschieden:

- Manometer mit Druckfeder
- Manometer mit Zugfeder

Die Wirkungsweise ist bei beiden die gleiche. Die Bewegung des Kolbens wird über einen Schreibstift auf eine sich im

drehenden Folienträger befindliche Metall- oder Papierfolie übertragen und dort eingeritzt. Aus dem Diagramm ist die Federauslenkung in Zoll oder mm über einer Zeitachse ersichtlich. Im unteren Teil des Tiefenmanometers befindet sich eine Bohrung zur Aufnahme eines Maximumthermometers. Mit ihm wird die Temperatur des Testhorizontes genau festgestellt.

### 3.1.3.2. Manometerschutzrohr (MSR)

Das Manometerschutzrohr ist aus dickwandigem Rohr konstruiert. Es nimmt das Tiefenmanometer auf und schützt es von außen. Im normalen Falle gelangen zwei Schutzrohre zum Einsatz: eines unterhalb (Manometerschutzrohr - Ringraum)

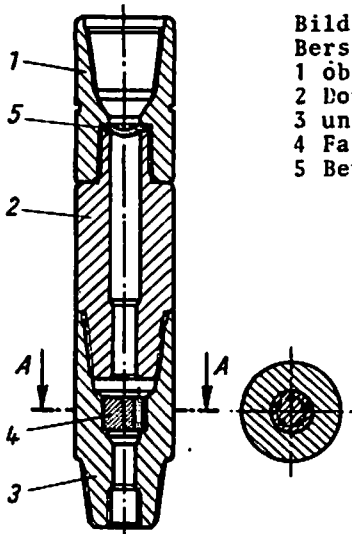
und eines oberhalb (Manometerschutzrohr - Steigraum) des Packers. Bei zu geringen Mächtigkeiten des Testintervalls muß auf den Einsatz eines Manometerschutzrohres unter dem Packer verzichtet werden.

Bild 12  
Tiefen-  
manometer



### 3.1.3.3. Berstscheibenventil (BSV)

Durch eine im Gerät eingebaute Berstscheibe wird eine dichte Trennung zwischen Ring- und Steigraum gewährleistet. Die verwendete Scheibe besteht aus Aluguß und wird nach dem Absetzen des Packers und Öffnen des Testventils durch einen Fallstab zerstört. Die Scheibe muß leicht zerstörbar sein, aber dennoch hohen Druckunterschieden widerstehen (Bild 13).



**Bild 13**  
**Berstscheibenventil**  
 1 oberes Verbindungsstück  
 2 Doppelnippel  
 3 unteres Verbindungsstück  
 4 Fangplatte  
 5 Berstscheibe

#### 3.1.3.4. Vierstufenventil (4-STV, DT)

Das Vierstufenventil (Bild 14) gehört zu der Gruppe der Fließ-Schließ-Ventile. Mit ihnen werden die Fließ- bzw. Schließperioden von Übertage eingestellt.

Die vier Stellungen des Ventils sind:

1. offen (Einbau und Anfangsfließperiode)
2. geschlossen (Anfangsschließperiode)
3. offen (Fließperiode)
4. geschlossen (Endschließperiode)

Das Vierstufenventil wird in offener Stellung eingebaut. Die nächsten Perioden werden durch Drehen der Garnitur von Übertage eingestellt (DT - drehbares Testventil). Eine mit Bohrungen versehene Spindel wird beim Einstellen der jeweiligen Testperiode im ebenfalls mit Bohrungen versehenen Zylinder aufwärts bewegt.

Eine offene Stellung ist vorhanden, wenn sich die Öffnungen der Spindel und die des Zylinders gegenüberstehen.

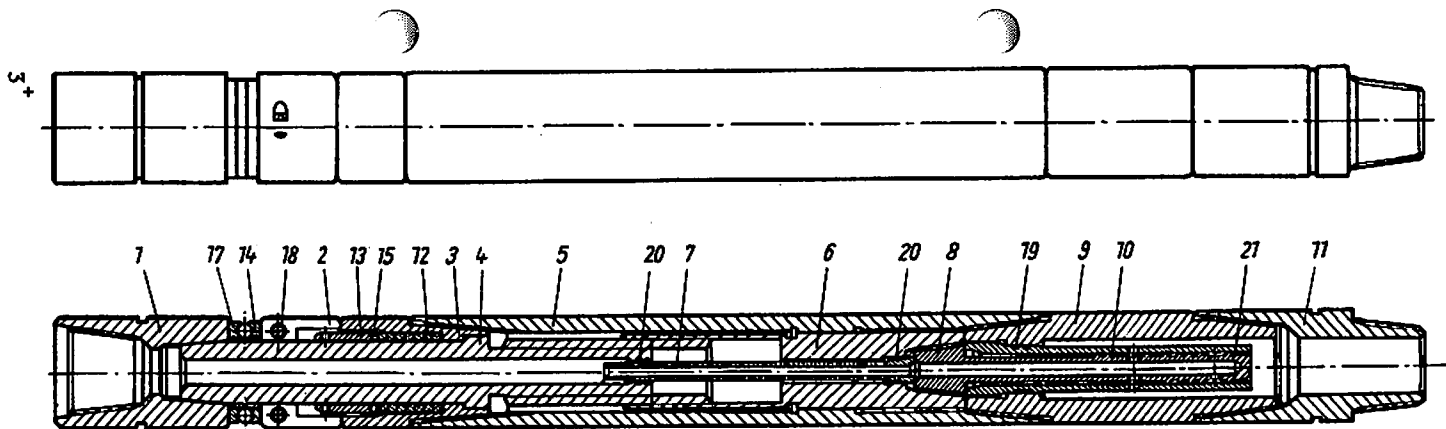


Bild 14. Vierstufenventil

- |                          |                                   |
|--------------------------|-----------------------------------|
| 1 oberer Verbinder       | 11 unterer Übergang               |
| 2 Druckring              | 12 Packung                        |
| 3 Packungsgehäuse        | 13 Packungsmutter                 |
| 4 Hauptspindel           | 14 Buchse                         |
| 5 Gehäuse                | 15 Scheibe                        |
| 6 Gewindestück           | 17 Axialrillenkugellager          |
| 7 Spülrohr               | 18 Zylinderschraube mit Federring |
| 8 Testspindel            | 19 Rundring 48 x 5 r              |
| 9 Anfangsschließübergang | 20 Rundring 25 x 5 b              |
| 10 Zylinder              | 21 Rundring 30 x 5 b              |

### 3.1.3.5. Sechsstufenventil (6-STV, DT)

Das Sechsstufenventil ist eine Weiterentwicklung des Vierstufenventils, seine Arbeitsweise ist die gleiche.

Beim Sechsstufenventil kommen noch folgende Stellungen hinzu:

5. offen
6. Zirkulierstufe

Die 5. Stufe schafft nach der Endschließperiode wieder eine Verbindung zum Testhorizont, die 6. Stufe eine Verbindung Steigraum - Ringraum. In dieser Stellung werden Gasblasen auszirkuliert, oder es können andere Pumparbeiten durchgeführt werden.

### 3.1.3.6. Unitester (UT)

Der Unitester (Bild 15) ist ein Fließ-Schließ-Ventil für Tests in geringen Teufen (bis 1500 m). Die Anzahl der einzustellenden Fließ- bzw. Schließstufen ist theoretisch unbegrenzt. Die

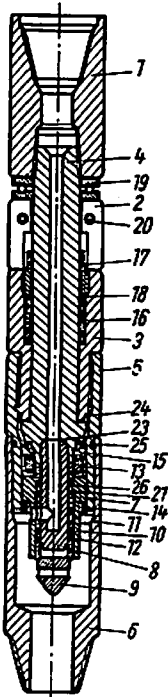


Bild 15  
Unitester

- |                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| 1 oberer Verbinder    | 13 Sperring                       |
| 2 Druckring, geteilt  | 14 Gewinding                      |
| 3 Packungsgehäuse     | 15 Druckfeder                     |
| 4 Spindel             | 16 Packung                        |
| 5 mittlerer Verbinder | 17 Packungsmutter                 |
| 6 unterer Verbinder   | 18 Scheibe                        |
| 7 Kükengehäuse        | 19 Axial-Rillenkugellager         |
| 8 Kükens              | 20 Zylinderschraube mit Federring |
| 9 Verschraubung       | 21 Zylinderstift                  |
| 10 Packung            | 23 bis 25 Rundring                |
| 11 Buchse             | 26 Filzring                       |
| 12 Druckscheibe       |                                   |



neue Stufe wird jeweils durch eine halbe Umdrehung der Gestängegarnitur eingestellt.

### 3.1.3.7. Hydraulisches Testgerät (HT), Typ "C-0" (COT)

Der CO-Tester ist ein kombiniertes Gerät und ersetzt in seiner Wirkungs- und Arbeitsweise zwei andere Geräte:

- das Ausgleichventil
- das Testventil

Beim Einbau schließt das Gerät den Steigraum ab (wie Testventil), hält jedoch das Ausgleichventil offen. Nach dem Absetzen verschiebt die auf dem Gerät wirkende Belastung die Welle nach unten. Dabei wird als erstes das Ausgleichventil geschlossen und während der weiteren Abwärtsbewegung das Testventil geöffnet. In dieser Stellung bleibt das Gerät beim Test. Beim Freiziehen der Garnitur schließen sich die Testöffnungen (Steigraum abgeschlossen), und danach öffnen sich die Ausgleichöffnungen.

Die Hydraulik des CO-Testers verhindert bei ungewolltem Aufsitzen der Garnitur ein vorzeitiges Öffnen des Steigraumes beim Einbau, kurzzeitige Entlastungen werden abgefangen. Die Welle schiebt sich erst nach unten, wenn nach einer gewissen Zeit bei einer bestimmten Belastung das Öl soweit umgeflossen ist, bis wie bei der hydraulischen Schlagschere ein größerer Querschnitt freigegeben wird.

### 3.1.3.8. Gebirgsanker (GBA)

In unverrohrten Bohrlöchern, wenn durch ein zu großes Testintervall



Bild 16  
Gebirgsanker

ein Benutzen des Stützankers nicht möglich ist, kann bei hartem, standfestem Gebirge der Gebirgsanker (Bild 16) eingesetzt werden.

Das Setzen des Gebirgsankers erfolgt wie das Setzen des Futterrohrpackers.

Die häufigste Anwendung des Gebirgsankers erfolgt mit der Straddle-Garnitur.

#### 3.1.4. MFE-Testgeräte

MFE-Multi-Flow-Evaluator (Mehrfach-Fließratentester)

Bei den MFE-Testgeräten handelt es sich überwiegend um hydraulisch arbeitende Testgeräte. Die wichtigsten Einzelgeräte der MFE-Testgarnitur sind:

- für unverrohrte Bohrlöcher: MFE-Tester  
MFE-Ausgleichventil  
Sicherheitsverriegelung
- für verrohrte Bohrlöcher: MFE-Tester  
hydrostatischer Lastverstärker  
MFE-Futterrohrausgleichventil

##### 3.1.4.1. MFE-Tester

Der MFE-Tester ist ein hydraulisch arbeitendes Testventil von sehr kompliziertem Aufbau (Kopfübergang, Keilwelle, Steuersektion, Hydrauliksektion, Probekammer mit Doppelventil, Fußübergang). Durch Ab- und Aufbewegung des Gestänges wird dieses Doppelventil geöffnet und geschlossen, wobei die Hydraulik eine Mindestbelastung erfordert und eine Zeitverzögerung für die Ventilbetätigung erwirkt. Das Steuersystem ermöglicht das Einstellen der Perioden und die Lastübertragung während der einzelnen Perioden auf die MFE-Testgarnitur.

Beim Einbau ist das Doppelventil des MFE-Testers geschlossen. Ist die Bohrlochsohle erreicht, so wird der Gestängestrang nachgelassen ("Belasten") und dadurch der MFE-Tester belastet. Nach einer Verzögerungszeit fällt das Bohrgestänge plötzlich um 25 mm. Dieses plötzliche "Fallen" zeigt übertage die Offen-

stellung des Doppelventils an. Zum Schließen des Doppelventils wird der Gestängestrang angehoben, etwas über den "Freipunkt" in Spannung gezogen und anschließend wieder nachgelassen ("Absetzen"). Zum erneuten Öffnen des Doppelventils ist der gleiche Arbeitsgang mit Auf- und Abbewegung zu wiederholen. Eine unbegrenzte Anzahl von Fließ- und Schließperioden sind möglich und ergeben eine Mehrinformation für die Testauswertung.

#### 3.1.4.2. MFE-Ausgleichventil

Hierbei handelt es sich um ein hydraulisch arbeitendes Testgerät, das eine Verbindung zwischen Ringraum und Steigraum herstellt bzw. diese verschließt. Wird das MFE-Ausgleichventil belastet (Gestängestrang nachlassen zum Packersetzen und Betätigen des MFE-Testers), so schließt es die Verbindung zwischen Ringraum und Steigraum sofort. Dagegen erfolgt das Öffnen dieser Verbindung zeitverzögert, bedingt durch das eingebaute hydraulische System, wenn das MFE-Ausgleichventil in Spannung gezogen wird.

Während des Ein- und Ausbaues leitet dieses Ventil die Spülung innerhalb des Packers. Am Testende gleicht das geöffnete Ausgleichventil den Druck über und unter dem Packer aus, so daß er freigezogen werden kann.

#### 3.1.4.3. Sicherheitsverriegelung

Die Sicherheitsverriegelung hält die Absetzlast auf das Gummielement des Packers für die Dauer des Testes aufrecht, auch wenn kurzzeitig der Gestängestrang angehoben wird (zum Betätigen des MFE-Testers für die einzelnen Fließ- und Schließperioden). Dieses Testgerät arbeitet hydraulisch und wird direkt mit dem Bob-tail-Packer (O-Ringtyp) kombiniert eingebaut. Die Sicherheitsverriegelung tritt beim Absetzen des Packers erst in Funktion, wenn das Ausgleichventil geschlossen hat. Nach dem Öffnen des Doppelventils im MFE-Tester bewirkt die Druckdifferenz zwischen Ring- und Steigraum (in Höhe der Sicherheitsverriegelung), daß die Sicherheitsverriegelung akti-

viert bleibt. Nach Beendigung des Testes wird die Sicherheitsverriegelung erst entaktiviert, wenn das Ausgleichventil geöffnet hat und der Druckausgleich über und unter dem Packer erfolgt ist (gleicher Druck innerhalb und außerhalb der Sicherheitsverriegelung). Sollte dieser Druckausgleich in Sonderfällen nicht möglich sein, so gestattet ein Notlöseventil, das auf langandauerndes Schlagen (Betätigen der hydraulischen Schlagschere) reagiert, die Sicherheitsverriegelung ebenfalls zu entaktivieren.

#### 3.1.4.4. Hydrostatischer Lastverstärker

Der hydrostatische Lastverstärker übernimmt bei der MFE-Testgarnitur mit Futterrohrpacker eine ähnliche Funktion wie die Sicherheitsverriegelung beim MFE-Test und unverrohrten Bohrlöchern und übt auf den Packer eine Haltekraft aus. Diese Haltekraft wirkt aufwärts auf das MFE-Doppelventil und abwärts auf das Ausgleichventil und den Packer. Dadurch werden bei Betätigen des MFE-Testers zur Einstellung der einzelnen Schließ- und Fließperioden das Geschlossenhalten des Ausgleichventils und die Packerbelastung während des Testes ermöglicht.

#### 3.1.4.5. MFE-Futterrohrausgleichventil

Das MFE-Futterrohrausgleichventil ist ein mechanisch arbeitendes Testgerät mit automatischer Verriegelung und von hoher Zugfestigkeit. Der Öffnungsquerschnitt des Ausgleichventils ist relativ groß ausgebildet und gestattet einen zügigen Ein- und Ausbau der Testgarnitur. Das MFE-Futterrohrausgleichventil wird offen ein- und ausgebaut. Auf Testteufe wird durch Drehen nach rechts die automatische Verriegelung gelöst und durch Nachlassen des Gestängestranges das Ausgleichventil geschlossen.

Nach Beendigung des Testes wird durch das Freiziehen das Ausgleichventil geöffnet, und es wird automatisch verriegelt. Das MFE-Futterrohrausgleichventil kann beim Straddle-Test zwischen den Packern, bei Havariearbeiten im blanken Gestänge oder in Tubingsträngen eingesetzt werden.

### 3.2. Obertägige Ausrüstung

Die obertägige Ausrüstung dient in erster Linie der Sicherheit während der Testdurchführung. Sie ermöglicht gegebenenfalls das sichere Schließen der Sonde und das Bekämpfen von drohenden Eruptionen. Mit der obertägigen Ausrüstung wird der Zufluß kontrolliert und gemessen. Sie besteht aus hochdruck-sicheren Verbindungsstücken, Drehgelenken und Ventilen, die regelmäßig abgedrückt werden. In den folgenden beiden Abschnitten werden nur zwei der wichtigsten Geräte der obertägigen Ausrüstung aufgezeigt.

Das E-Manifold, Fackeln, Meßbehälter, Separatoren, Degaser, Feinmeßmanometer usw. gehören zur ständigen Ausrüstung der Anlage und werden hier nicht näher erläutert.

#### 3.2.1. Gestängeabschlußkopf (GAK)

Die Zusammenstellung der Gestängeabschlußköpfe variiert nach der Art und dem Ziel des Testes.

Es haben sich drei Typen durchgesetzt:

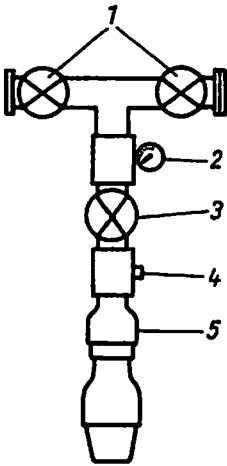
- der schwere Gestängeabschlußkopf für tiefe Bohrungen mit zu erwartenden hohen Drücken (Bild 17)
- der leichte Gestängeabschlußkopf für flache Bohrungen und druckschwache Horizonte (Bild 18)
- der Gestängeliftkopf (Bild 19)

### 3.2. Meßstrecke

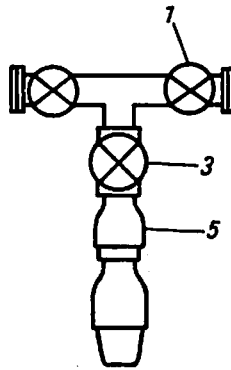
Für die Gasmengenmessung hat sich im Feldeinsatz das in der Sowjetunion entwickelte DIKT-Gerät bewährt (Bild 20).

Aus Versuchen wurde für die Gasmengenmessung folgende allgemeine Formel entwickelt:

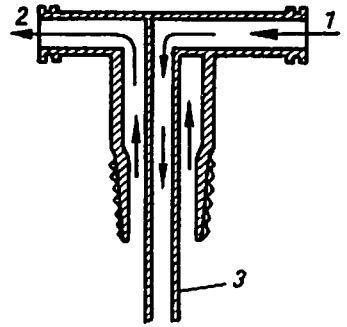
$$q = \frac{0,175 d^2 p}{\sqrt{d_v z T}}$$



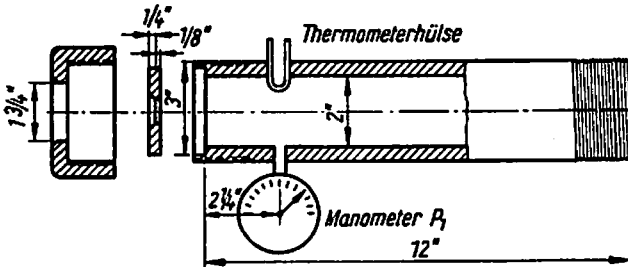
**Bild 17**  
**Schwerer Gestängeabschlußkopf**  
 1 Hochdruck-schieber  
 2 Manometer-an-schluß  
 3 Hochdruck-schieber  
 4 Fallstab-halterung  
 5 Drehgelenk



**Bild 18**  
**Leichter Ge-stängeabschluß-kopf**  
 1 Hochdruck-schieber  
 3 Hochdruck-schieber  
 5 Drehgelenk



**Bild 19**  
**Gestängeliftkopf**  
 1 Steigraumanschluß  
 2 Ringraumanschluß  
 3 Steigraum



**Bild 20**  
**DIKT-Gerät**

Q geförderte Gasmenge in  $\frac{10^3 \text{ m}^3 (\text{N})}{24 \text{ h}}$

d Blendendurchmesser in mm

p absoluter statischer Druck vor der Blende in at

$d_v = \frac{\gamma_0}{\gamma_{0L}}$	Verhältnis der Dichte des strömenden Gases im Normalzustand (0 °C und 760 Torr) zur Dichte der Luft im Normalzustand
z	Kompressibilitätsfaktor
T	absolute Temperatur des Gases vor der Blende T = t in °C + 273
0,175	dimensionsloser Faktor

### 3.3. Zusatzausrüstungen

In diesem Abschnitt werden kurz einige kombinierte Test- und Behandlungsmethoden für druckstarke, aber zuflußschwache Horizonte und für Tests während des Bohrprozesses (ohne Meißel- ausbau) vorgestellt.

#### 3.3.1. Säurebehandlungsgerät

Ist der geringe Zufluß auf Infiltrationseinflüsse zurückzuführen, ist eine Säurebehandlung erforderlich.

Die Säure wird nach dem Packersetzen durch das Gestängege- wicht mit einem Kolben aus der Garnitur gedrückt. Mit der Bohrlochwand in Kontakt gebracht, reinigt sie die Poren, und der Test kann durchgeführt werden.

Das Säurebehandlungsgerät kann auch in der Straddle-Garnitur verwendet werden.

#### 3.3.2. Steigrohrtestgerät

Mit dem Steigrohrtestgerät werden in einem verrohrten Bohr- loch mehrere Teste nacheinander ohne zusätzliche Ein- und Aus- bauten des Packers durchgeführt. Das Testgerät wird mit einem Overshot am Kabel oder durch Auszirkulieren ausgebaut, wäh- rend der Packer am Tubingstrang eingebaut bleibt.

### 3.3.3. Sprengstoff-Frac

Bild 21 zeigt das Gerät zur Durchführung eines Sprengstoff-Fracs.

Beim Sprengstoff-Frac wird die Säure durch Gas in den Horizont verpreßt. Das Gas entsteht bei der Zündung von festem Sprengstoff untertage. Ein Pumpvorgang von Übertage entfällt.

### 3.3.4. Einwurftester

Bild 22 zeigt das Testgerät zum Testen durch das Bohrgestänge. Der Einwurftester ist eine Kombination von Gestänge- und Kabeltest. Das Gerät wird unmittelbar nach Anbohren des Horizontes in das Bohrgestänge eingeworfen.

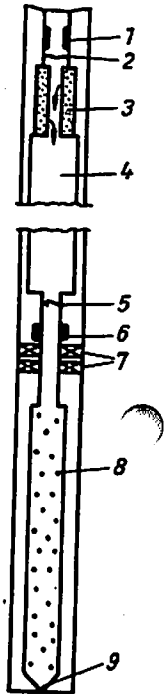
Das Abdichtelement befindet sich über dem Bohrwerkzeug und ist aufblähsbar. Durch den Spülungsdruck wird der Packer aufgepumpt und die Probenkammer geöffnet. Mit dem Einwurftester ist eine laufende Probennahme möglich.

## 4. Kabeltest

Eine andere Art des Zwischentestes ist der Kabeltest. Der Kabeltest gelangt in unverfestigten Formationen, und wenn kleine Zuflußmengen genügen, zum Einsatz. Des weiteren wird er zum Feststellen von Kontakten (Gas-Wasser, Gas-Öl, Öl-Wasser) verwendet.

Im Bild 23 wird die Wirkungsweise des Kabeltestgerätes gezeigt. Die Steuerung erfolgt durch Auslösen von Schüssen. Der Druckverlauf (Bild 24) wird Übertage auf einem Datensreiber registriert. Während des Testes wird eine Probe unter Schichtbedingungen genommen. Bei entsprechender Aus-

- Bild 21  
Gerät zur Durchführung eines Sprengstoff-Fracs
- 1 Zündmechanismus
  - 2 Berstscheibe
  - 3 Sprengstoffträger
  - 4 Schwerstangen (enthalten Säure)
  - 5 Berstscheibe
  - 6 Umsteuerventil
  - 7 Doppelpacker
  - 8 perforiertes Rohr
  - 9 Tiefenmanometer





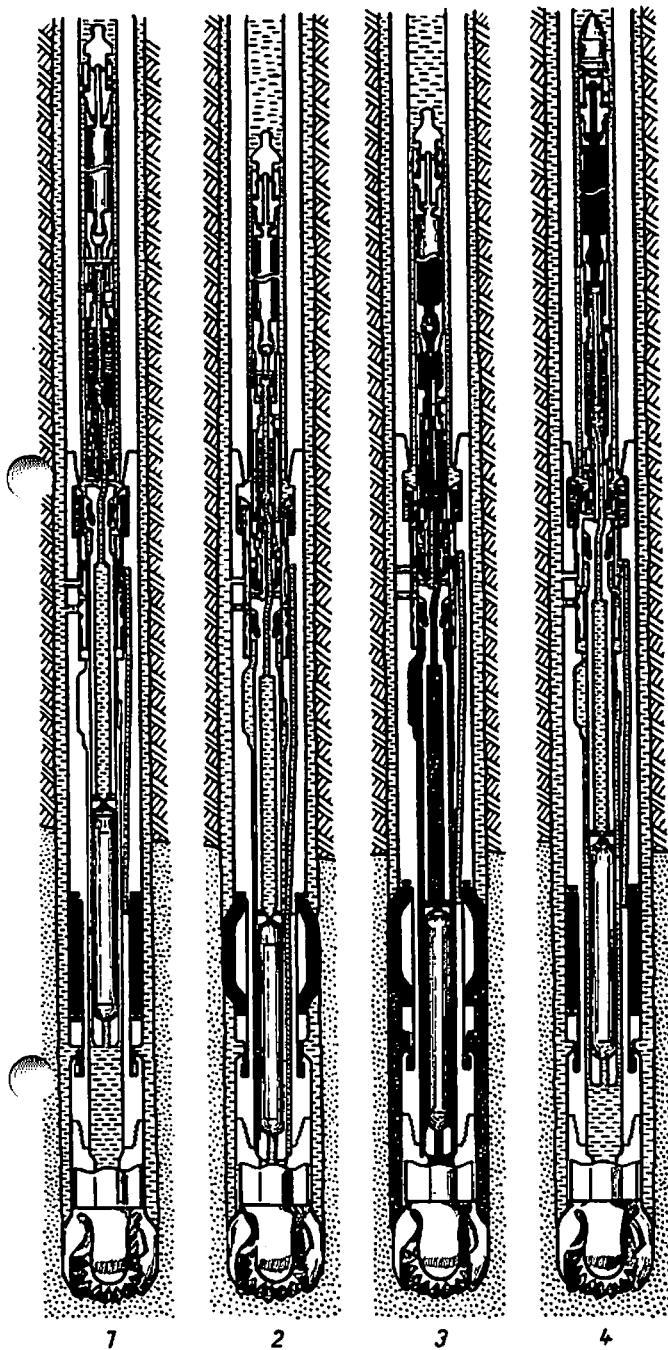


Bild 22. Gerät zum Testen durch das Bohrgestänge  
 1 Einwerfen                      3 Test  
 2 Packer setzen                4 Packer freiziehen

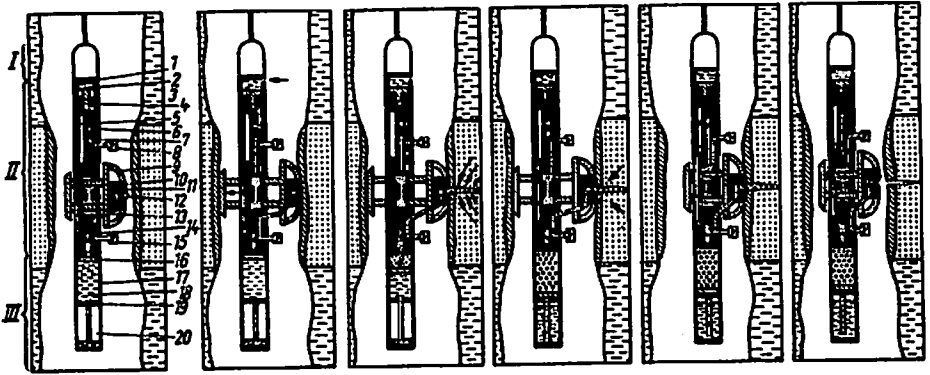


Bild 23. Arbeitsweise eines Kabeltesters

- |   |   |
|---|---|
| 1 Spülungsventil  | 11 Lösseschuß   |
| 2 Spülungskolben  | 12 Hohlladung oder Schnorchei                                     |
| 3 Luft  | 13 Fließleitung   |
| 4 Ölkammer  | 14 Schließventil  |
| 5 Druckentlastungskammer                                | 15 Druckmeßgeräte (0 bis 350, 0 bis 750, 0 bis 1400 at Oberdruck) |
| 6 Druckablaßventil                                      | 16 Schwimmkolben  |
| 7 Schließventileinlaß                                   | 17 Probebehälter  |
| 8 hydrostatischer Druckmesser (0 bis 1400 at Oberdruck) | 18 Wasser   |
| 9 Gummipolster  | 19 Düse   |
| 10 Stahlblock   | 20 Luft   |

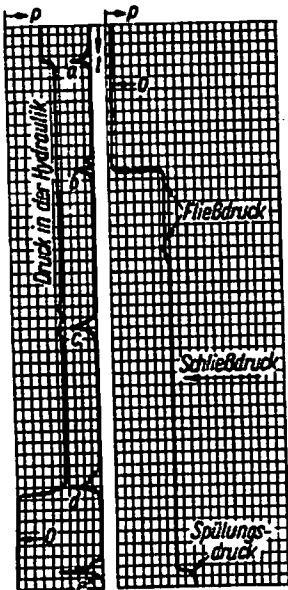


Bild 24  
Kabeltestmeßfilm

legung des Gerätes ist die Einsatztiefe unbegrenzt. Die Aussagefähigkeit ist durch die geringe Aufnahmefähigkeit der Probenkammer und durch die nur punktförmige Erfassung eines winzigen Teiles der Lagerstätte beschränkt.

## 5. Testvarianten und Testgarnituren /5, 6/

Es werden drei Hauptvarianten unterschieden:

- Teste im offenen Bohrloch
- Teste im verrohrten Bohrloch
- Gestängeliftteste

### 5.1. Teste im offenen Bohrloch

#### 5.1.1. Normaltest

Diese Teste werden bei einem Testintervall von maximal 35 m durchgeführt. Das Widerlager für das Absetzen des Packers ist die Bohrlochsohle. Folgende Packer werden verwendet:

- Open-Hole-Packer
- Bobtail-Packer

Bild 25 zeigt eine herkömmliche Garnitur mit Open-Hole-Packer, CO-Tester (HT - Hydraulik-Tester) sowie Unitester (DT - drehbares Testventil) und Bild 26 eine Casing-Garnitur mit CO-Tester, drehbarem Testventil und Zirkulierventil.

#### 5.1.2. Straddle-Test

Bei Straddle-Testen wird der Testhorizont jeweils oben und unten von einem Packer abgegrenzt, eine Zone wird "abgespreizt". Aus dem Intervall zwischen den Packern erfolgt die Förderung. Das Stützen des unteren Packers (Sohlenpacker) erfolgt durch einen Stützanker, Gebirgsanker oder Futterrohrpacker. Der obere Packer (Kopfpacker) wird auf dem unteren Packer abgesetzt. Die Garnitur wird unterhalb des Sohlenpackers blind

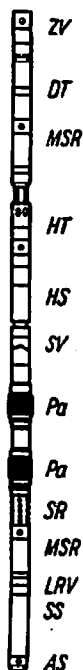


Bild 25  
herkömmliche Test-  
garnitur mit Open-  
Hole-Packer



Bild 26  
Casing-Testgarnitur

geschlossen (Bilder 27a) und b)). Es werden drei Manometer eingesetzt. Eine Spezialvariante des Straddle-Testes ist die Straddle-bypass-Anordnung (Bild 28). Durch ein Spezialgestänge wird innerhalb der Testgarnitur eine dauerhafte Verbindung der Spülungssäule von oberhalb des Kopfpackers nach unterhalb des Sohlenpackers hergestellt.

Vorteile der Straddle-bypass-Anordnung:

- sofortige übertägige Anzeige bei Umläufigkeit eines Packers
- kein Ausknicken des Stützankers
- völlige Druckbeibehaltung gegenüber der Formation bei Umläufigkeit des Sohlenpackers und somit Verhinderung von Eruptionen sich darunter befindlicher druckstarker Horizonte

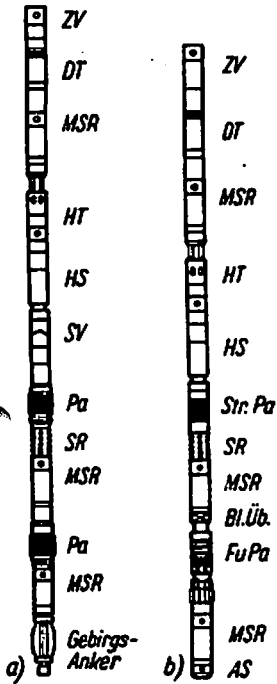


Bild 27  
Straddle-Test-  
garnituren  
a) Open-Hole-  
Straddle-Test  
(konventionell)  
b) Casing-Straddle-  
Test (konventionell)



Bild 28  
Straddle-bypass-  
Anordnung

### 5.1.3. MFE-Test

Die MFE-Garnitur ermöglicht eine unbegrenzte Anzahl von Schließ- und Fließperioden während des Testes und die Entnahme einer Zuflußprobe unter Endfließbedingungen.

Das Einstellen jeder Fließ- oder Schließperiode wird durch Anfahren und Senken des Gestängestranges erreicht.

Um ein Freiziehen des Packers beim Hochfahren zu verhindern, bleibt das verzögernde MFE-Ausgleichsventil geschlossen, und die Sicherheitsverriegelung hält den Packer in Arbeitsstellung. Beim Casing-Packer wird diese Aufgabe von dem hydrostatischen Lastverstärker übernommen.

Die Bilder 29a) bis d) zeigen Standardvarianten für verrohrte und unverrohrte Bohrlöcher.

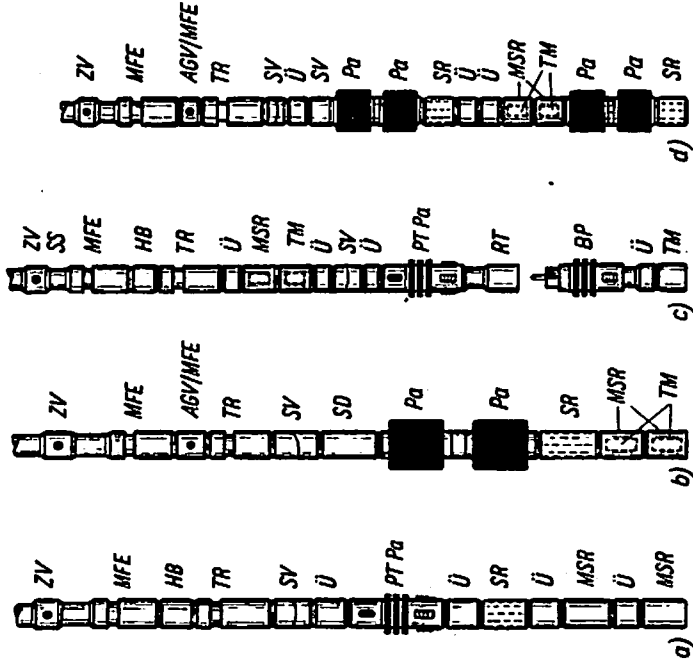


Bild 29. MFE-Testgarnituren

- a) Casing-Test (MFE)
- b) Open-Hole-Test (MFE)
- c) Casing-Straddle-Test (MFE)
- d) Open-Hole-Straddle-Test (MFE)

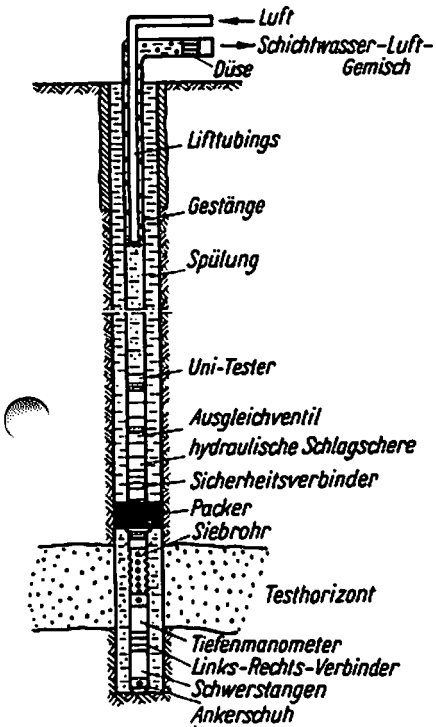
### 5.2. Teste im verrohrten Bohrloch

Für Teste in Rohrtouren werden die gleichen Garnituren eingesetzt wie für Teste in unverrohrten Bohrlöchern. Der einzige Unterschied besteht im Stützen des Packers. Während beim Test mit Stützanker der Packer über dem Stützanker auf der Bohrlochsohle abgestützt wird, geschieht das Abstützen des Futterrohrpackers in der Rohrtour durch das Anhängen der Greifer an der Rohrinnenwand.

### 5.3. Gestängelifttest

Der Gestängelifttest (Bild 30) ermöglicht die Testdurchführung in unverfestigten Horizonten oder bei großem Flüssigkeitszufluß. Beim Einbau wird der Steigraum aufgefüllt.

Bild 30  
Prinzip des Gestängelifttestes



Nach dem Absetzen der Garnitur wird über einen im Gestänge eingebauten Tubingstrang geliftet. Es erfolgt ein gleichmäßiges Entlasten des Testhorizontes. Die Entlastung wird durch die Einbauteufe der Tubinge sowie durch die Kompressorleistung begrenzt.

## 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 Spülungsvolumen ist ständig zu kontrollieren, um Spülungsverluste 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.

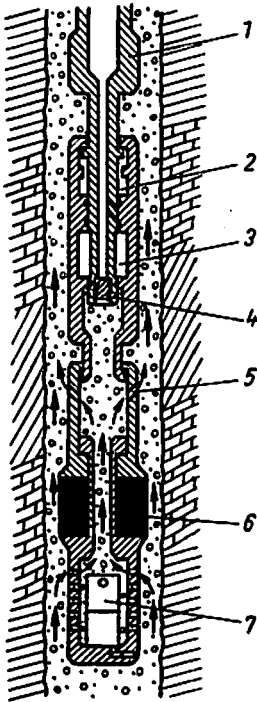


Bild 31

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)

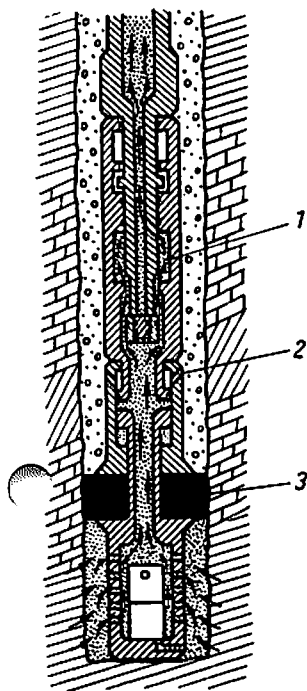
Durch das Öffnen des geschlossenen Ventils in der Testgarnitur wird die Anfangsschließdruckperiode beendet und die Fließperiode eingeleitet.

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 Entschleißperiode ist

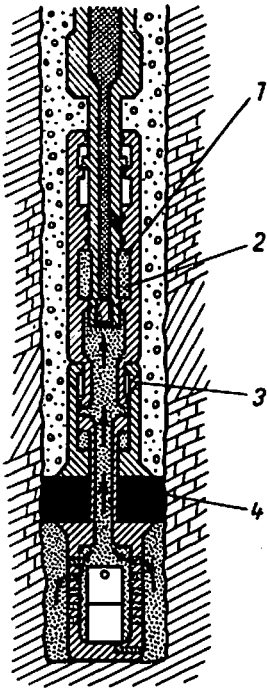


Bild 33

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.

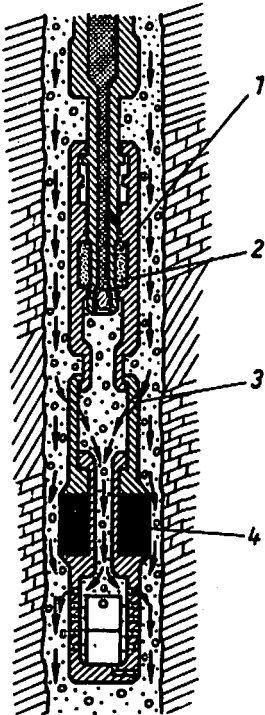


Bild 34

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.

## 7. Ökonomische Einschätzung und Schlußbetrachtung

Die schnelle Einschätzung der Erkundungsbohrungen und kürzeste Übergangszeiten zwischen dem Auffinden von Lagerstätten und ihrer wirtschaftlichen Nutzung gehören zu den wichtigsten Aufgaben des Industriezweiges Erdöl - Erdgas. Gestänge-

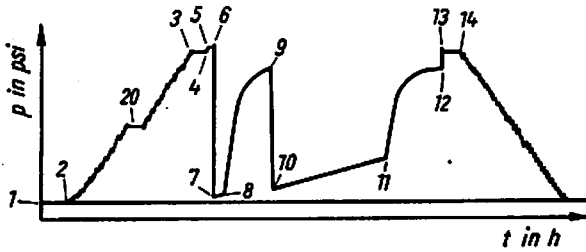


Bild 35. Druckdiagramm bei Flüssigkeitszufluß

- 1 O-Linie (atmosphärischer Druck)
- 2 bis 3 Einbau
- 2a Einbauunterbrechung
- 3 bis 4 hydrostatischer Druck der Spülungssäule
- 4 bis 5 Absetzen (Druckspitze durch komprimierte Spülung unterhalb des Packers)
- 5 bis 6 Zeit für Öffnen des Ventils zum Steigraum
- 6 bis 7 Entlasten des Testintervalls
- 7 bis 8 Anfangsfließperiode
- 8 bis 9 Anfangsschließperiode
- 9 bis 10 Öffnen zur Fließperiode
- 10 bis 11 Fließperiode
- 11 bis 12 Fndschließperiode
- 12 bis 13 Freiziehen der Testgarnitur, Druckausgleich von oberhalb nach unterhalb des Packers
- 13 bis 14 hydrostatischer Druck der Spülungssäule
- 14 bis 15 Ausbau

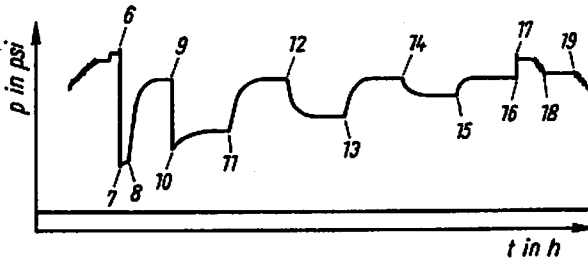


Bild 36. Druckdiagramm bei Gaszufluß

- 6 bis 7 Entlasten des Testintervalls
- 7 bis 8 Anfangsfließperiode
- 8 bis 9 Anfangsschließperiode
- 9 bis 10 Öffnen zur Fließperiode
- 10 bis 11, 12 bis 13 Mengenmessung, dabei ist
- 14 bis 15 Blende 1 > Blende 2 > Blende 3
- 11 bis 12, 13 bis 14 Kopfdruckmessungen
- 15 bis 16 Endschließperiode
- 16 bis 17 Freiziehen
- 18 bis 19 Druckaufbaumessung

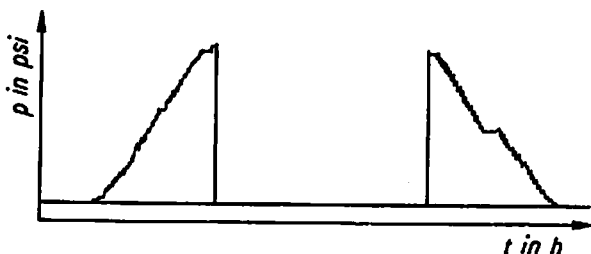


Bild 37. Druckdiagramm einer "trockenen" Lagerstätte

teste ermöglichen bereits beim Abteufen der Bohrung eine Untersuchung der interessierenden Horizonte.

Die wesentlichen Vorteile der Gestängeteste sind:

- geringer technischer Aufwand
- geringer Zeitaufwand
- geringe Kosten
- sofortiger Erhalt von Speicherdaten

Die Kenntnisse der durch den Schichtenprüfertest erhaltenen Parameter ermöglichen es, sofort die Projekte geplanter Nachfolgebohrungen nochmals zu überprüfen und, wenn erforderlich, zu korrigieren. Schichtenprüferteste, die einen verwässerten Speicher bzw. einen dichten Horizont ausweisen, gestatten die sofortige Verfüllung der nicht fündigen Bohrung. Der bisher notwendige Rohreinbau, die Zementierung derselben, die Perforation und der Test mit der Testanlage entfallen.

Ein gutes Beispiel ökonomischer Zusammenarbeit wurde auf der Bohrung Tangerhütte 1 vollbracht. Der gesamte Speicherhorizont wurde hier stufenweise aufgeschlossen und sofort getestet. Nach Auswertung der Ergebnisse von sechs Gestängetesten wurde eindeutig nachgewiesen, daß aus den aufgeschlossenen Speichern keine wirtschaftliche Nutzung erfolgen kann. Die sechs auf der Bohrung durchgeführten Gestängeteste kosteten 165 Tsd. M. Dem gegenüber stehen folgende Einsparungen:

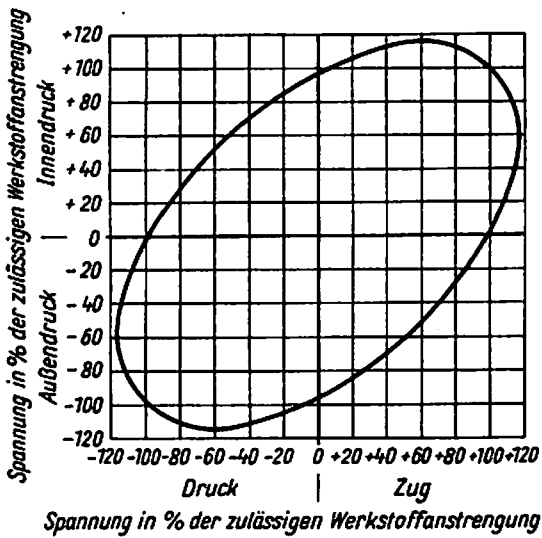
3900 m Endrohrtour: 530 Tsd. M

2 Casing-Teste mit der Anlage: 720 Tsd. M

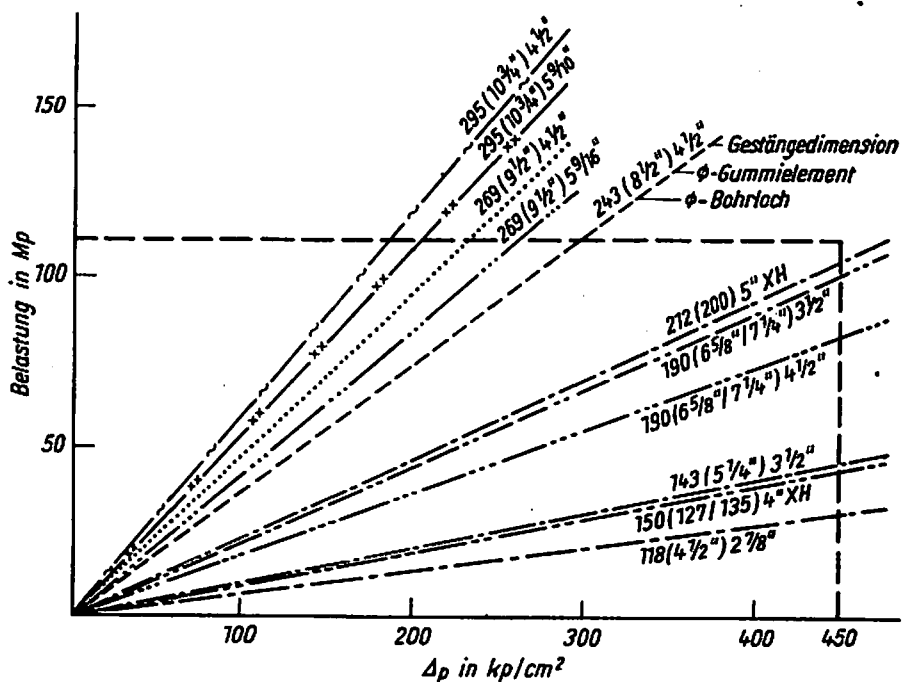
Die Bohrung Tangerhütte 1 beweist, daß Schichtenprüfertest-  
ergebnisse optimale Abschlußtestarbeiten gewährleisten. Sie  
schaffen Klarheit über die wichtigsten Parameter der durch-  
teuften Horizonte. Es gibt keine andere Methode des Zwischen-  
testes, die einen so schnellen, exakten und billigen Nachweis  
über eine Gas-, Cl- oder Wasserführung erbringt. Im Endeffekt  
der Erkundungsphase wird durch den Einsatz von Schichten-  
prüfertesten die gefundene Lagerstätte um Monate früher in  
Produktion genommen.

#### Literatur- und Quellenverzeichnis

- /1/ Practical Drill Stem Testing Manual. Johnston Testers,  
Inc. Houston, 1961
- /2/ 1966 bis 1967 General Catalog. Johnston Testers, Inc.  
Houston, 1966
- /3/ 1970 bis 1971 General Catalog. Johnston Testers. Inc.  
Houston, 1970
- /4/ Informationsblatt TGL O-1952. Durchflußmeßregeln.  
Berlin, 1962
- /5/ Autorenkollektiv (verantwortlicher Bearbeiter: ROWEK, W.).  
MFE-Tester. Gommern, 1975
- /6/ Arbeitsunterlagen der Abteilung Gestängetest. VEB Bohr-  
lochzementierung Gommern



Anlage 1  
Diagramm für zachsigen  
Spannungszustand



Anlage 2. Belastungsgrenze der Gummielemente

### Anlage 3. Festigkeitsberechnung

Teufe 3530,0 m Bezeichnung		Eingesetzte		Garnitur		
		STA	SSTg	4" XH	5" XI	5" XH
		+ TG 4 3/4"		8,38E	9,19P	9,19P
		x 57,2				
Länge der Sektion	m	45	150	930	1320	1085
Länge auflaufend	m	45	195	1125	2445	3530
Gewicht der Sektion in Luft	Mp	3,1	10,4	21,8	40,8	33,8
Gewicht der Sektion in Spülung j - 1,4	Mp	2,6	8,5	17,9	33,4	27,8
Zusätzlicher Auftrieb bei leerer Sektion	Mp	-	0,5	7,3	16,6	13,7
Wirksames Gewicht der Sektion	Mp	2,6	8,0	10,6	16,8	14,1
Wirksames Gewicht auflaufend unten <sup>1)</sup>	Mp	-	2,6	10,6	21,2	38,0
oben	Mp	2,6	10,6	21,2	38,0	52,1
Zulässiger Außen- druck	$\frac{kp}{cm^2}$	-	-	641	569	814
Wirksamer Außendruck unten	$\frac{kp}{cm^2}$	-	-	467	347	152
oben	$\frac{kp}{cm^2}$	-	-	347	152	-
Außendruckbelastung unten	%	-	-	72,9	61	18,7
oben	%	-	-	54,2	26,7	-
Zulässige Zugspannung unten	%	-	-	41,5	54,8	89,2
oben	%	-	-	61,5	83,5	100
Reduzierte Zugbelastung bei 80% der Streck- grenze unten	Mp	-	-	42,7	78,4	179,3
oben	Mp	-	-	63,6	119,3	201
Zugreserve unten	Mp	-	-	32,1	57,2	141,3
oben	Mp	-	-	42,4	81,3	148,9

Gelangt Gestänge zum Einsatz, bei dem die Abstreiffestigkeit des Verbinders geringer als die Zugfestigkeit des Rohres ist, müssen bei der Berechnung die Abstreiffestigkeiten berücksichtigt werden.

<sup>1)</sup> unten - unteres Ende der Sektion  
oben - oberes Ende der Sektion