

### 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.

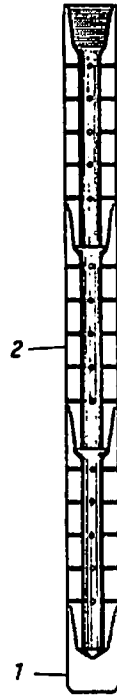


Bild 2  
Perforierter  
Anker  
1 Ankerschuh  
2 Siebrohr

### 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:

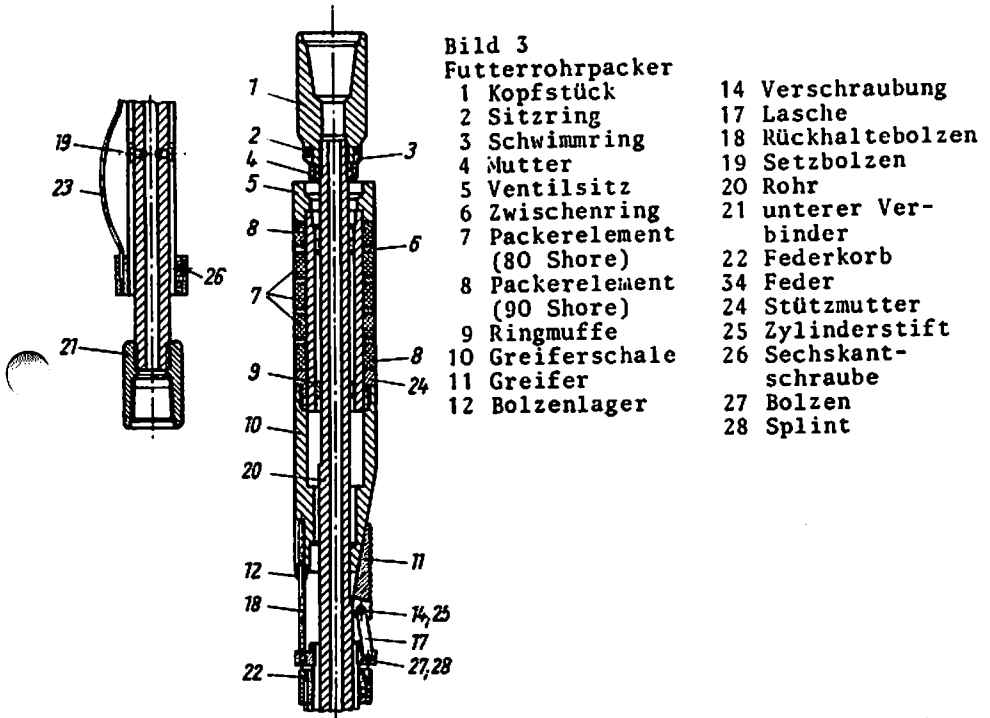
- hydraulische und
- mechanische Packer

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).



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

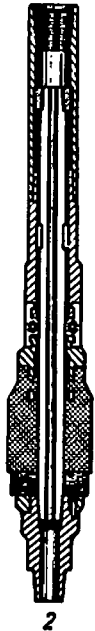


Bild 5  
Bobtail-  
Packer  
1 vor dem  
Test  
2 während  
des Testes  
3 nach dem  
Test

$d_{BL}$  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

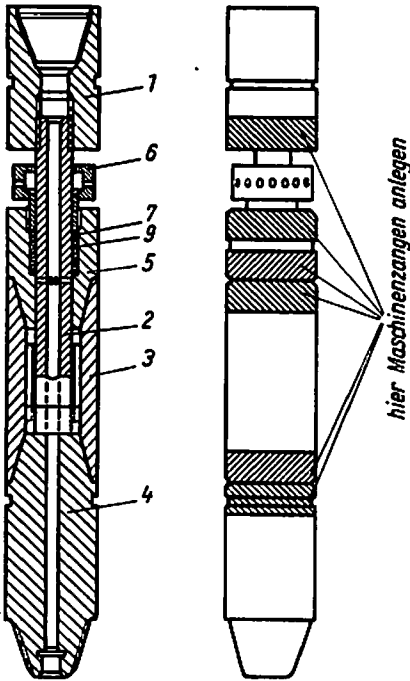


Bild 6  
 Ausgleichventil ohne Sperre  
 1 oberer Verbinder  
 2 Degenrohr  
 3 Ventilgehäuse  
 4 Obergang  
 5 Stopfbuchse  
 6 Stopfbuchskappe  
 7 Scheibe  
 9 Packung

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

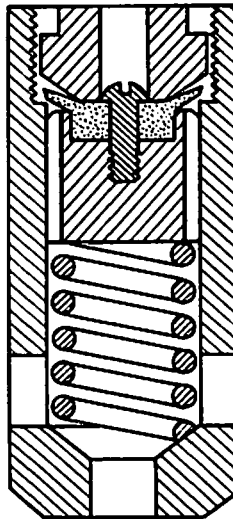


Bild 8  
Notzirkulations-  
ventil

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.

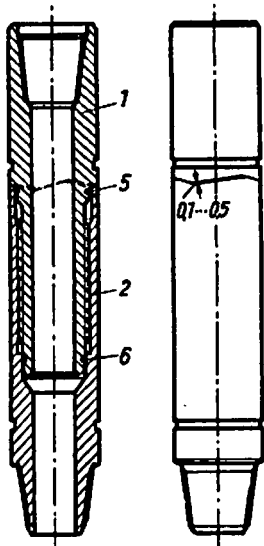
#### 3.1.2.1. Links-Rechts-Verbinder (LRV)

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.

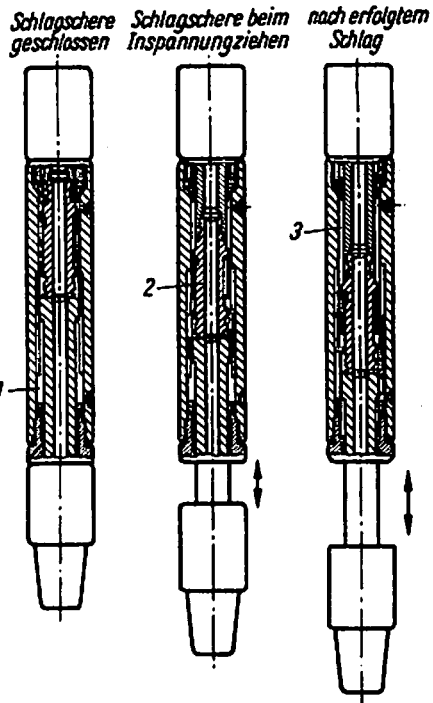
#### 3.1.2.2. Sicherheitsverbinder (SV)

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 Schlag- schere 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 Schlag- schere 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 Ge- stänge 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 Volumenverringere- rung und zu einem enormen Druckanstieg des Öls. Dieser Druck- anstieg 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 Span- nung im Gestänge aufwärts getrieben. Dadurch schlägt der Ham- mer auf den Amboß, und der Schlag wird ausgelöst.

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

#### 3.1.2.4. Durchbruchzirkulationsventil (DBZV)

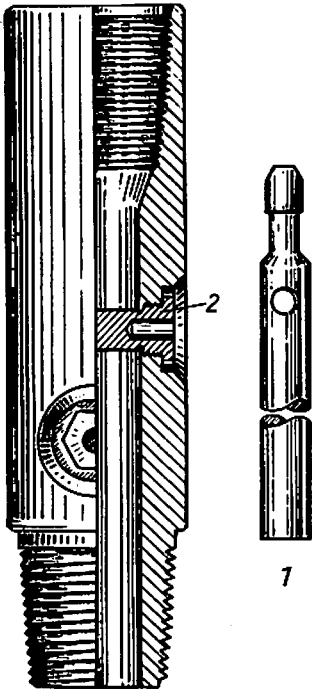
Das Durchbruchzirkulationsventil ist ein Gerät, mit dessen Hilfe eine Verbindung zwischen Ring- und Steigraum oberhalb der Schwerstangen hergestellt wird. Es arbeitet rein mecha- nisch.

Das Durchbruchzirkulationsventil (Bild 11) ist mit zwei Bohrungen versehen. In diese Bohrungen werden sogenannte Durchbruchstopfen - am Ende verschlossene Hohlrauben - 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

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)

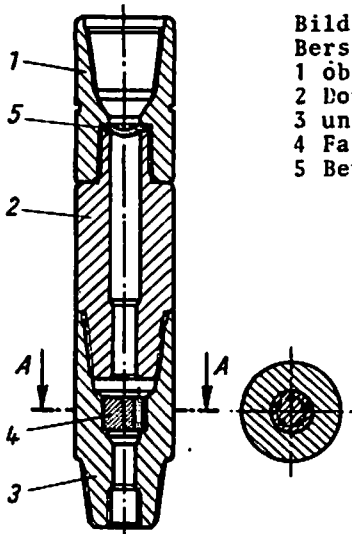
und eines oberhalb (Manometerschutzrohr - Steigraum) des Packers. Bei zu geringen Mächtigkeiten des Testintervalls muß auf den Einsatz eines Manometerschutzrohres unter dem Packer verzichtet werden.

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.

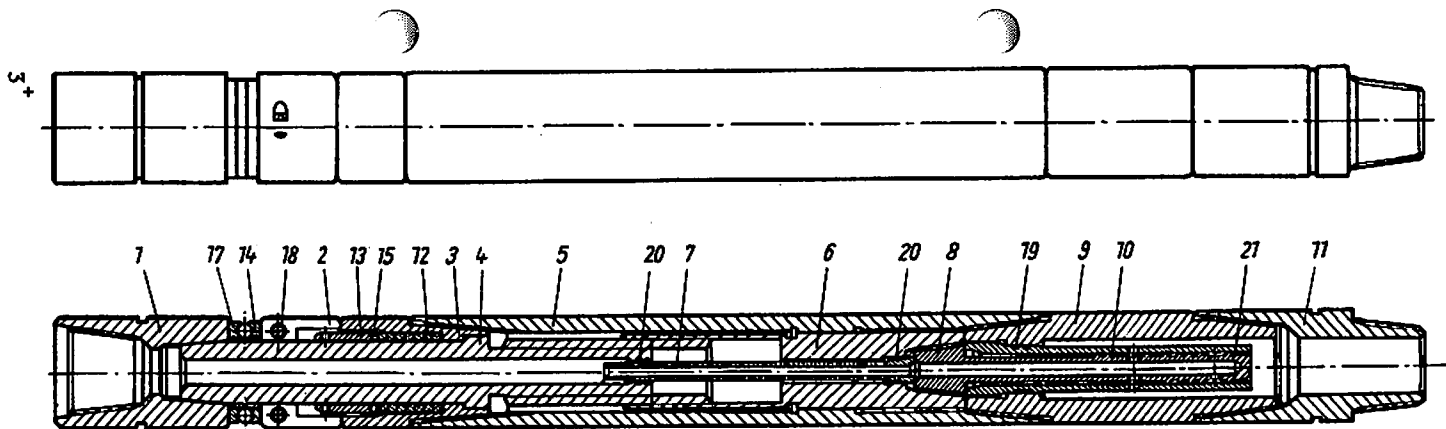


Bild 14. Vierstufenventil

- |                          |                                   |
|--------------------------|-----------------------------------|
| 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

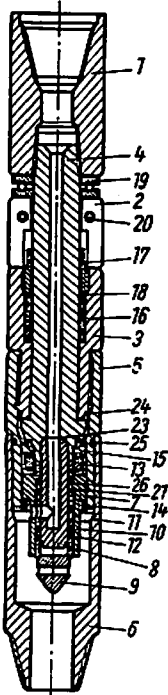


Bild 15  
Unitester

- |                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| 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 Kükten              | 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 ungeflossen 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:

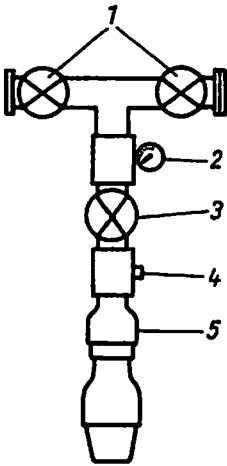
- der schwere Gestängeabschlußkopf für tiefe Bohrungen mit zu erwartenden hohen Drücken (Bild 17)
- der leichte Gestängeabschlußkopf für flache Bohrungen und druckschwache Horizonte (Bild 18)
- der Gestängeliftkopf (Bild 19)

### 3.2. Meßstrecke

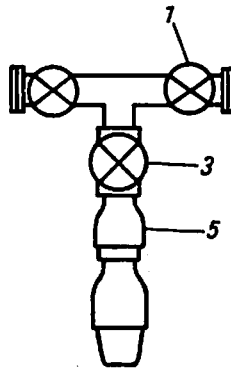
Für die Gasmengenmessung hat sich im Feldeinsatz das in der Sowjetunion entwickelte DIKT-Gerät bewährt (Bild 20).

Aus Versuchen wurde für die Gasmengenmessung folgende allgemeine Formel entwickelt:

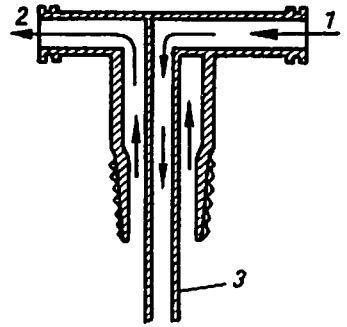
$$q = \frac{0,175 d^2 p}{\sqrt{d_v z T}}$$



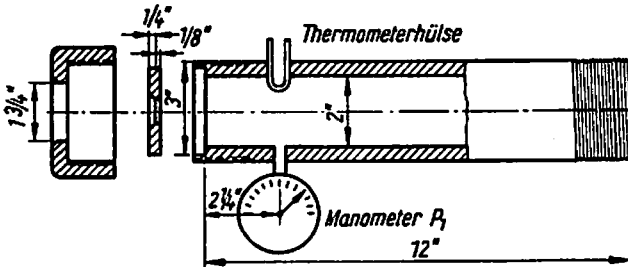
**Bild 17**  
**Schwerer Gestängeabschlußkopf**  
 1 Hochdruck-schieber  
 2 Manometer-an-schluß  
 3 Hochdruck-schieber  
 4 Fallstab-halterung  
 5 Drehgelenk



**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 aufbläbbar. Durch den Spülungsdruck wird der Packer aufgepumpt und die Probenkammer geöffnet. Mit dem Einwurftester ist eine laufende Probennahme möglich.

- 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

