

3. Spülpumpen des Industriezweiges Erdöl-Erdgas

3.1. Allgemeine Angaben über Spülpumpen

Spülpumpen sind spezielle Ausrüstungen der Bohrindustrie. Sie gehören neben dem Hebemechanismus zu den Aggregaten einer Bohranlage, die deren Leistungsfähigkeit bestimmen, denn von der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Bohranlage hängt in entscheidendem Maße die Möglichkeit des Forcierens des Bohrprozesses ab. Zum anderen erfolgt auf hydraulischem Weg bei modernen Bohrverfahren (Düsenrotary- und Turbinebohren) eine Leistungsübertragung zur Bohrlochsohle.

Die Aufgaben der Spülpumpen bestehen darin, die zum Bohren notwendige Spülung durch den Spülkreislauf zu fördern. Der hierfür erforderliche Arbeitsdruck der Spülpumpe ergibt sich aus der Summe der Druckverluste im Zirkulationssystem, die sich wie folgt zusammensetzen:

- Druckverluste im Manifold (Druckleitung, Steigleitung, Spülschlauch, Spülkopf, Mitnehmerstange)
- Druckverluste im Bohrgestänge einschließlich Verbinder
- Druckverluste in den Schwerstangen
- Druckverluste in der Bohrturbine (beim Turbinebohren)
- Druckverluste im Bohrwerkzeug
- Druckverluste im Gestänge- und Schwerstangenringraum
- Druckverluste infolge von Dichteunterschieden

Die Druckverluste im Bohrgestänge, einschließlich Verbinder, und im Gestängeringraum sind teufenabhängig.

Die zum Bohren erforderliche Spülmengemenge muß eine Aufstiegs- geschwindigkeit im Ringraum ermöglichen, die größer ist als die Sinkgeschwindigkeit des Bohrkleins. Dadurch wird das durch das Bohrwerkzeug zerstörte Gestein von der Bohrlochsohle zutage gefördert. Durch die ständige Zirkulation der Spülung wird das Bohrwerkzeug gekühlt. Um bei den verschiedenen Bohrlochdurchmessern die richtige Aufstiegs- geschwindigkeit zu erreichen, muß jeweils die Fördermenge der Spülpumpe geändert werden. Die Regelung der Fördermenge wird durch die Änderung der Antriebsdrehzahl sowie durch Wechseln der Laubbuchsen und

der Kolben in der Spülpumpe erreicht. Die verwendeten Durchmesser der Laufbuchsen und Kolben der einzelnen Pumpentypen sowie der maximale Druck und die Fördermenge können aus den Anlagen 1 und 2 entnommen werden.

Während des Bohrens werden unterschiedliche Fördermengen und Drücke gefordert. Deshalb werden auf Bohranlagen für Tiefbohrungen fast ausschließlich Kolbenpumpen eingesetzt. Die großen Fördermengen bis zu 4000 l min^{-1} sowie Arbeitsdrücke bis zu 400 kp cm^{-2} bzw. beim Kernbohren bis zu 700 kp cm^{-2} können von Kreiselpumpen hinsichtlich der Druckhöhe nicht bewältigt werden. In der Flachbohrindustrie werden Kreiselpumpen im Saughubverfahren eingesetzt.

Aus den nachfolgenden Tabellen ist ersichtlich, mit welchen Spülpumpentypen und in welcher Anzahl die im Industriezweig Erdöl-Erdgas eingesetzten Bohranlagen ausgerüstet sind.

Anlagentyp	Pumpentyp	Anzahl der Pumpen	Zusatzpumpe Typ/Anzahl	Hersteller
3 DH 400	2 PN 1250 A	2	U8-4 1	SRR/SU
3 DH 250 B	2 PN 1250 A	2	U8-4 1	SRR/SU
4 DH 315	2 PN 1250 A	2	U8-4 1	SRR/SU
F 200	2 PN 630	2	- -	SRR
F 125	2 PN 630	2	- -	SRR
3 D 67	U8-6	2	U8-6 1	SU
3 D 61	U8-6	2	- -	SU

Die Zusatzpumpen werden nur im Industriezweig Erdöl-Erdgas verwendet, um ausreichende Spülmengen beim Bohrprozeß zu fördern.

Anlagen für Teste und Sondenbehandlung sind mit folgenden Spülpumpen ausgerüstet:

Anlagentyp	Pumpentyp	Anzahl der Pumpen	Hersteller
T 50	2 PN 340	1	SRR
P 80	2 PL 140	1	SRR
A 40 - 50	9 MGR	1	SU
Bakinez	1 NP 160/NG 80	1	SU

Das im VEB Geophysik für Schußbohrungen eingesetzte Bohrgerät URB - 2A ist mit einer Spülpumpe vom Typ 11 GR ausgerüstet /13; 14/.

Die im Industriezweig eingesetzten Hochdruckzementier- und Hochdruckfraccumpen wurden in diese Aufstellung nicht einbezogen.

3.2. Beschreibung der Spülpumpe 2 PN 1250 A

Die Spülpumpe 2 PN 1250 A wird auf Bohranlagen für große Teufen montiert. Diese Pumpe soll als Beispiel für alle anderen eingesetzten Typen behandelt werden. Sie ist eine liegende doppeltwirkende Kolbenpumpe und ist mit zwei Zylindern ausgerüstet. Sie setzt sich aus folgenden Hauptteilen zusammen:

- Pumpengehäuse
- Antriebsteil
- hydraulischer Teil
- Schmiersystem

Das Pumpengehäuse ist eine Schweißkonstruktion aus Stahlblech in einer konstruktiven Gestaltung, die die Starrheit während des Betriebes und Transports der Pumpe garantiert. Das Gehäuse ist mit einer Reihe von Deckeln versehen, die zum Montieren und Demontieren von Verschleißteilen erforderlich sind und zur Kontrolle während des Betriebes dienen. Die Abdichtung der Deckel gegen Ölverluste wird durch Dichtungen und Prallwände, die am Deckel angebracht sind, erzielt. Der untere Teil des Pumpengehäuses, in dem der Kurbeltrieb montiert wird, bildet auch das Hauptschmierbad für die Schmierung der Antriebs-

teile. Im Bereich der Kreuzköpfe ist ein zweites Ölbad für die Schmierung und Kühlung der Kolbenstangen vorhanden.

Der Antriebsmechanismus wird im inneren Teil des Pumpengehäuses montiert und besteht aus folgenden Hauptteilen:

- Antriebswelle mit Ritzel
- Kurbelwelle
- Pleuelstangen
- Kreuzköpfe mit Kreuzkopfstangen
- Antriebswelle für die Ölpumpen des Schmiersystems

Die Antriebswelle ist in zwei Zylinderrollenlagern gelagert, die Wellenenden sind zylindrisch und mit Keilnuten versehen, auf denen das Kettenritzel oder die Keilriemenscheibe befestigt wird. Die Kurbelwelle ist in zwei Pendelrollenlagern gelagert. Auf ihr ist ein Zahnkranz befestigt, der mit dem Ritzel der Antriebswelle in Eingriff steht. Die Aufgabe der Kurbelwelle besteht darin, die drehende Bewegung in eine geradlinige hin- und hergehende umzuwandeln. Die beiden Pleuelstangen sind auf der Kurbelwelle in doppelten Zylinderrollenlagern gelagert. Die Pleuelstangen sind mit den Kreuzköpfen durch die

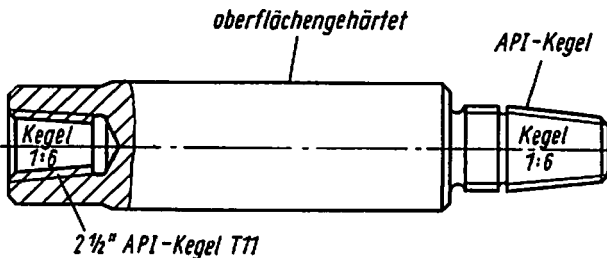


Bild 13
Kreuzkopfstange
(nach VVB-Standard)

Kreuzkopfbolzen verbunden, die mit je zwei Zylinderrollenlagern im Kreuzkopf gelagert sind. Der Kreuzkopf ist mit Gleitschienen versehen und bewegt sich während des Betriebes in den am Gehäuse befestigten Gleitschienen hin und her. Im Kreuzkopf ist die Kreuzkopfstange (Bild 13) eingeschraubt und mit einer Mutter gesichert. Die Kreuzkopfstangen werden nach außen durch Stopfbuchsen abgedichtet.

Der hydraulische Teil besteht aus zwei unabhängigen Pumpenkörpern. Diese beiden werden am Pumpengehäuse befestigt. Die Verbindung untereinander wird durch den Saug- und Drucksammler erzielt.

Am Saugsammler ist zwischen den Körpern die Dämpfungskammer (Saugwindkessel) montiert. Am Pumpenkörper sind die Ventilgehäuse angegossen. In jedem Körper befinden sich vier Ventile, je zwei Saug- und Druckventile. Alle Ventile sind untereinander austauschbar und werden im Ventilsitz sowie im Ventildeckel geführt. Der Zugang zu den Ventilen zum Zwecke der Kontrolle und Auswechslung erfolgt durch das Abschrauben des Ventildeckels. Im Pumpengehäuse werden die Laubbuchsen eingesetzt und durch zwei Dichtungen abgedichtet (Bild 14).

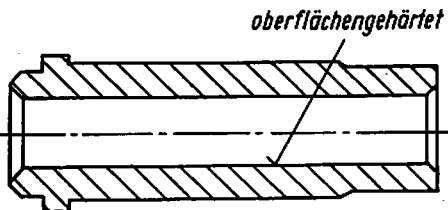


Bild 14
Laubbuchse (nach VVB-Standard)

Im Inneren der Laubbuchse gleitet der Kolben, der durch Manschetten zur Zylinderwand abgedichtet wird (s. Bild 11).

Der Kolben wird am kegelförmigen Ende der Kolbenstange (Bild 15) aufgesetzt und mit Mutter und Gegenmutter gesichert.

Die Hin- und Herbewegung des Kolbens wird von der Kolbenstange, die durch eine Gewindeverbindung mit der Kreuzkopf-

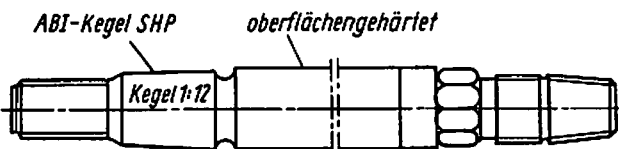


Bild 15
Kolbenstange
(nach VVB-Standard)

stange verbunden ist, erzeugt. Die Abdichtung der Kolbenstange erfolgt durch eine Stopfbuchse.

Am Drucksammler wird das Sicherheitsventil montiert, dessen Entlastungsleitung mit dem Saugsammler in Verbindung steht. Verwendet wird eine Berstscheibensicherheitseinrichtung, die für den jeweiligen Betriebsdruck mit der vorgesehenen Berstscheibe bestückt sein muß. Ebenfalls sind am Drucksammler der Kugelpulsator und das Manometer montiert. Die Aufgaben und der Aufbau des Kugelpulsators werden gesondert erläutert.

Das Schmieresystem der Spülpumpe besteht aus zwei unabhängigen Schmierkreisen, die je mit einer Zahnradpumpe ausgestattet sind. Beide Ölpumpen sind am Pumpengehäuse angeflanscht. Jeder Schmierkreis hat sein eigenes Ölbad. Durch den Hauptschmierkreis wird der Antriebsteil der Pumpe geschmiert. Die Pumpe ist mit einem Sicherheitsventil ausgerüstet, das bei einem Druck von etwa 4 kp cm^{-2} anspricht. Im Druckkreis der Ölpumpe sind hintereinander zwei Filter montiert. Bei Verwendung einer Kette zum Antrieb der Pumpe wird diese durch eine Düse vom Hauptschmierkreis aus geschmiert. Der Nebenschmierkreis ermöglicht die Schmierung und Kühlung der Kolbenstangen. Die Filterung des Öles für den Nebenschmierkreis erfolgt durch das Absetzen des Öles im Ölbad. Der Hauptkreis hat zwölf Schmierstellen. Vor dem Einfüllen reinen Öls sind die Ölbad vollständig zu entleeren und zu säubern (mit Diesel, Petroleum, Spülöl). Die Ölmengen betragen für das Hauptbad etwa 300 Liter, für das Nebenbad etwa 180 Liter. Die vorgeschriebene Ölsorte muß verwendet werden. Der Ölwechsel im Nebenbad erfolgt nach etwa 700 Betriebsstunden oder bei Verunreinigungen durch Spülung. Im Hauptbad erfolgt der Ölwechsel nach etwa 1500 Betriebsstunden der Pumpe. Die Ölfilter sind periodisch zu reinigen, der Filter am Saugkorb und der Magnetfilter jeweils beim Ölwechsel, der Filter mit Drahtspirale nach etwa 300 Betriebsstunden. Treten jedoch in der Funktion des Schmierkreises Störungen auf, so müssen die Filter nach Bedarf gereinigt werden. Der Öldruck darf nicht unter $0,5 \text{ kp cm}^{-2}$ absinken oder über 2 kp cm^{-2} ansteigen. Der

Ölstand in beiden Ölbädern ist ständig zu überprüfen, und bei Bedarf ist Öl nachzufüllen /8/.

Der verwendete Kugelpulsator hat die Aufgabe, die ungleichförmige Förderung der Spülpumpe auszugleichen. Diese Ungleichmäßigkeit der Förderung äußert sich in der Form von Druckstößen in der Druckleitung der Spülpumpen. Der Pulsator wird im Druckkreis der Pumpe auf den Drucksammler oder möglichst in dessen Nähe montiert (Bild 16).

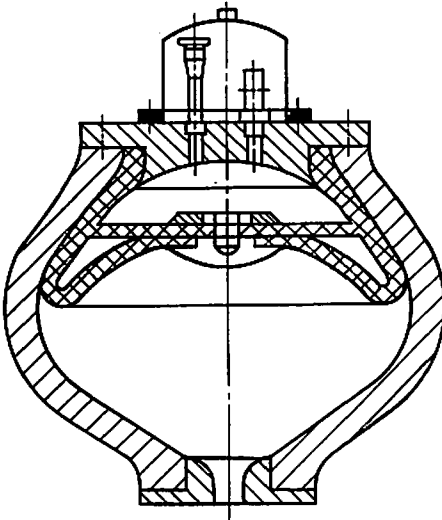


Bild 16
Kugelpulsator /10/

Der Kugelpulsator setzt sich aus zwei Kammern zusammen. Eine ist mit Stickstoff oder Preßluft unter einem bestimmten Druck angefüllt, der etwa zwei Drittel des Förderdruckes, aber nicht weniger als 30 kp cm^{-2} und nicht mehr als 60 kp cm^{-2} betragen soll. Die zweite Kammer steht mit dem Spülungskreislauf in Verbindung und wirkt auf den Gummibalgl. Das Gehäuse des Pulsators ist kugelförmig und hat zwei gegenüberliegende Öffnungen. Die untere Öffnung des Gehäuses wird mit einem Dichtungsdeckelflansch und mit Spezialstiftschrauben abgedichtet. Mit den gleichen Spezialstiftschrauben wird der Pulsator am Drucksammler befestigt. Die obere Öffnung des Gehäuses wird mit einem Deckel verschlossen. Die Abdichtung zwischen Deckel und Ge-

häuse wird durch die verdickte Aufkragung des Gummibalges erreicht. Am oberen Deckel befindet sich die Füllvorrichtung zum Auffüllen mit Preßluft oder Stickstoff. An der Füllvorrichtung ist ein Kontrollmanometer angeschlossen, mit dem der Gasdruck im Pulsator überprüft werden kann. Das Kontrollmanometer wird nach dem Auffüllen isoliert, um es vor Beschädigung infolge der Stöße zu schützen. Das Manometer dient nur zur Kontrolle des Gasdruckes im Pulsator, wenn die Pumpe in Ruhestand ist.

Vor dem Zusammenbau ist das Pulsatorgehäuse von Verunreinigungen zu säubern. Der untere Deckel wird zusammen mit der Dichtung durch die Spezialstiftschrauben gehalten. Der Gummibalg wird durch die obere Öffnung des Gehäuses vorsichtig eingelegt. Sitzt der Balg mit seiner Aufkragung in der oberen Öffnung, muß der Deckel vorsichtig aufgesetzt und befestigt werden. Nach dem Aufsetzen und dem Befestigen des oberen Deckels wird die Auffüllvorrichtung montiert. Danach wird der Pulsator aufgefüllt und auf Dichtheit überprüft. Der Gasdruck im Pulsator muß regelmäßig bei abgestellter Pumpe überprüft werden. Ein Druckverlust von 1 kp cm^{-2} in 24 Stunden ist zulässig. Bei einem Verlust von 25% des aufgefüllten Druckes muß der Pulsator neu aufgefüllt werden mit der Empfehlung, vorher den Gasdruck ganz abzulassen. Die Entleerung erfolgt über die Auffüllvorrichtung. Stellt man dabei fest, daß mit dem Gas Spülungsteilchen oder Wasser austreten, ist der Balg defekt und muß ausgewechselt werden /8/.

3.3. Allgemeine Wartung und Pflege

Im Rahmen dieser Fachbroschüre ist es nicht möglich, für alle Spülpumpen spezielle Wartungs- und Pflegehinweise zu geben. Aus diesem Grunde werden nur allgemeingültige Grundsätze für den Betrieb dieser Ausrüstungen erläutert.

Vor der Inbetriebnahme der Spülpumpe muß das Bedienungspersonal folgende Maßnahmen durchführen:

- Kontrolle der Antriebsketten oder Keilriemen und deren Verkleidung

- Öffnen aller Kontrolldeckel des Pumpengehäuses und Überprüfung aller beweglichen Teile und Verschraubungen. Bei dieser Maßnahme soll die Pumpe gedreht werden, um alle beweglichen Teile genau überprüfen zu können.
- Kontrolle der Sicherheitseinrichtungen auf die richtige Einstellung des höchstzulässigen Arbeitsdruckes. Das Arbeiten mit einer Sicherheitseinrichtung, dessen Berstscheibe den zulässigen Arbeitsdruck für die eingesetzten Laufbuchsen und Kolben überschreitet, ist verboten.
- Überprüfung der Verbindung zwischen dem Pulsator und dem Drucksammler auf ihre Dichtheit
- Kontrolle des erforderlichen Gasdruckes im Pulsator. Ein Betreiben der Pumpe ohne aufgefüllten Pulsator ist nicht gestattet.
- Kontrolle des Ölstandes in den Ölbädern
- Öffnen aller Ventil- und Zylinderdeckel und Überprüfung der Ventile, Laufbuchsen, Kolben und Dichtungen. Abgenutzte oder beschädigte Dichtungen und Teile sind bei dieser Gelegenheit auszuwechseln.

Während die Pumpe in Betrieb ist, muß folgendes beachtet werden: Die Spülpumpe und der Pumpenraum müssen sauber sein. Die Spülpumpe muß einen ruhigen Lauf haben. Es dürfen keine Schläge an den Ventilen, Kolben und Laufbuchsen auftreten. Die Manometer müssen den Druck anzeigen, der der Charakteristik der Pumpe entspricht. Ein kurzfristiges Überschreiten des Höchstdruckes bis zu 5% ist gestattet. Der Manometerzeiger muß sich während des Betriebes, entsprechend den Arbeitshüben, mit kleinen Ausschlägen bewegen. Ist der Zeiger unbeweglich, so ist das Manometer nicht in Ordnung und muß ausgewechselt werden. Große Ausschläge deuten auf schadhafte Windkessel und nicht unter Druck stehende Pulsatoren hin.

Unregelmäßige Ausschläge lassen defekte Ventile oder Kolben vermuten. Auf die absolute Dichtheit des hydraulischen Teils und die absolute Abdichtung der Ölbäder und der Deckel des Pumpengehäuses ist zu achten. Während des Betriebes der Pumpe ist weder ein Klopfen noch ein übermäßiges Erwärmen der Gleitteile und der Lager des Antriebsteiles gestattet. Das Reinigen

der Filter in der Saugleitung hat während des Betriebes in regelmäßigen Abständen zu erfolgen. Äußerst schädlich für den Betrieb der Spülpumpen ist der Sandgehalt der Spülung. Rascher Verschleiß der Kolben, Laufbuchsen und Stopfbuchsen ist die Folge. Die Kolbenstange und deren Verbindung mit der Kreuzkopfstange sowie die Kolbenstangenabdichtung müssen laufend geprüft werden.

Zur Sicherheit und Gesunderhaltung der Werkstätigen am Arbeitsplatz sind bei der Inbetriebnahme von Pumpen die Arbeitsschutzbestimmungen 530/1 und 840/1 sowie die Arbeitsschutz- und Brandschutzanordnung 126/1 zu beachten.

Kontrollaufgaben

1. Welche Aufgabe haben Pumpen, und wie erfolgt ihre Einteilung?
2. Welche Arten von Kolben kennen Sie, und wie werden sie abgedichtet?
3. Wozu dienen die Sicherheitsventile und Sicherheitseinrichtungen bei Kolbenpumpen, und welche Arten gibt es?
4. Welche Aufgabe hat ein Druckwindkessel, und wie ist seine Wirkungsweise?
5. Was versteht man unter indizierter Pumpenleistung, und wie wird sie errechnet?
6. Eine 2 PN 1250 A Spülpumpe (2 Zylinder doppelwirkend) hat eine Gesamtförderhöhe von 1050 m WS zu überwinden, das Fördermedium ist Spülung mit einer Dichte von $1,39 \text{ g cm}^{-3}$.

Daten und Abmessungen der Spülpumpe:

Kolbenhub 400 mm, Kolbendurchmesser 170 mm, Kolbenstangendurchmesser 85 mm, Hubzahl 65 min^{-1} , Liefergrad 90%, mechanischer Wirkungsgrad 96%, hydraulischer Wirkungsgrad 94%

Zu bestimmen sind:

- a) Tatsächliche Fördermenge in l s^{-1}
- b) Nutzleistung in kW
- c) Gesamtwirkungsgrad
- d) Erforderliche Antriebsleistung in kW