

## 2.2. Bauarten von Kolbenpumpen

### 2.2.1. Saug- und Hubpumpe

Die einfachste Kolbenpumpe ist die Saug- und Hubpumpe. Sie besteht aus einem zylindrischen Rohr, in dem mit Hilfe einer Kolbenstange ein Ventilkolben bewegt wird. Am tiefsten Punkt des Rohres befindet sich das Saugventil. Das Bewegen der Kolbenstange erfolgt über eine zweiarmige Hebelschwinge. Durch das Nachobengleiten des Ventilkolbens entsteht unter dem Kolben ein Unterdruck, wodurch aus der Saugleitung durch das geöffnete Saugventil Flüssigkeit angesaugt wird. Bewegt sich der Ventilkolben nach unten, strömt die Flüssigkeit durch das Ventil, das im Kolben eingebaut ist, in den Raum oberhalb des Kolbens. Dabei ist das Saugventil geschlossen. Der Vorgang muß solange wiederholt werden, bis das Rohr gefüllt ist. Wird nun der Kolben aufwärts bewegt, dann läuft die dem Hubvolumen entsprechende Flüssigkeitsmenge durch den Auslauf ab, während infolge des unterhalb des Kolbens entstehenden Unterdrucks das Saugventil geöffnet und aus dem Saugrohr erneut Flüssigkeit angesaugt wird. Da nur bei Kolbenauf-

wärtsbewegungen Förderarbeit geleistet wird, ist der Leistungsbedarf ungleichmäßig.

### 2.2.2. Einfachwirkende Kolbenpumpe

Die einfachwirkende Kolbenpumpe liegender Bauart wird in den Prinzipskizzen der Bilder 5 und 6 dargestellt. Ihre Wirkungsweise wurde bereits im Abschnitt 2.1. beschrieben.

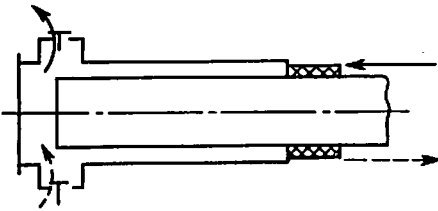


Bild 5. Einfachwirkende Pumpe mit Tauchkolben

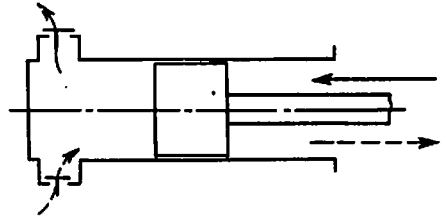


Bild 6. Einfachwirkende Pumpe mit Scheibenkolben

Die einfachwirkende Kolbenpumpe wird hauptsächlich mit einem Tauchkolben, der durch eine Stopfbuchse abgedichtet ist, ausgestattet. Da diese Pumpe während eines Hubes nur einmal saugt und fördert, wird sie als einfachwirkend bezeichnet. Der Förderstrom ist ungleichmäßig. Da die Druckhöhe meist ein Vielfaches der Saughöhe beträgt, ist auch der Arbeitsbedarf bei Hin- und Rückgang des Kolbens sehr verschieden. Trotz dieser beiden Nachteile ist die einfachwirkende Kolbenpumpe für viele Anwendungsgebiete ausreichend. Sie hat den Vorteil großer Einfachheit und wird vor allem wegen der guten Abdichtung des Tauchkolbens mittels Stopfbuchsen als Presspumpe verwendet. Die Nachteile der ungleichmäßigen Förderung können durch Zusammenbau von zwei bzw. drei Pumpenelementen unter entsprechender Kurbelversetzung ausgeglichen werden. Am häufigsten findet die einfachwirkende Kolbenpumpe als Drillingspumpe mit je  $120^\circ$  Kurbelversetzung Verwendung. Die erreichten Drücke betragen dabei bis zu 1000 at.

### 2.2.3. Doppeltwirkende Kolbenpumpe

Die Prinzipskizze des Bildes 7 zeigt den Aufbau einer doppeltwirkenden Kolbenpumpe mit Tauchkolben.

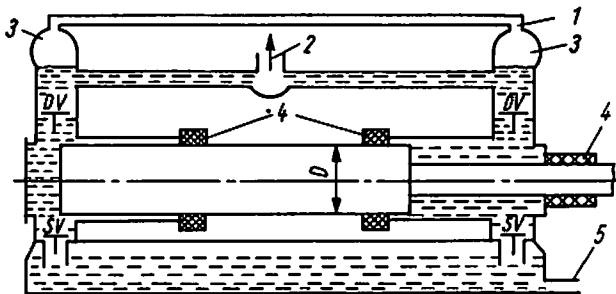


Bild 7. Doppeltwirkende Kolbenpumpe mit Tauchkolben /1/

1 Verbindungsleitung der Windkessel; 2 Druckstutzen; 3 Druckwindkessel; 4 Stopfbuchsen; 5 Saugstutzen mit Saugwindkessel;  
DV Druckventil SV Saugventil

Bewegt sich der Kolben nach rechts, wird im linken Pumpenteil angesaugt, im rechten dagegen gefördert, bewegt sich der Kolben nach links, wird im rechten Pumpenteil angesaugt und im linken gefördert. Es wird also je Hub sowohl angesaugt als auch gefördert.

Die Pumpe ist demnach doppeltwirkend. Diese Ausführung hat den Vorteil gleichmäßigerer Antriebsarbeit und Fördermenge beim Hin- und Rückgang des Kolbens (unter Vernachlässigung der Pleuelstangendicke) und eines fast gleichmäßigen Förderstroms durch die beiden Windkessel. Beide Pumpenseiten haben meist einen gemeinsamen Saugwindkessel. Die Druckwindkessel sind durch eine Leitung miteinander verbunden. Die Abdichtung des Pleuels erfolgt durch zwei Pleuellbuchsen. Bei dieser Ausführung sind die Pleuellbuchsen von außen gut zu überwachen bzw. nachzustellen. Nachteilig ist jedoch, daß das Pleuelstück zwischen den beiden Pleuellbuchsen mit der Außenluft in Berührung kommt. Um bei längerem Stillstand Korro-

sion zu vermeiden, baut man oft um das außenliegende Kolbenstück ein offenes Wasserbad.

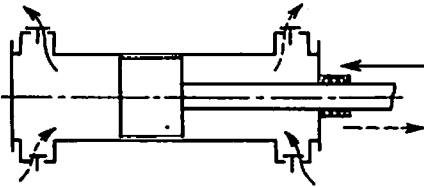


Bild 8  
Doppeltwirkende Kolbenpumpe  
mit Scheibenkolben

Bild 8 zeigt die Prinzipskizze einer doppeltwirkenden Kolbenpumpe mit Scheibenkolben. Diese durch Kolbenringe oder Leder- bzw. Gummimanschetten gegen die Zylinderwand abgedichteten Scheibenkolben sind gegenüber Verunreinigungen im Fördermedium empfindlicher als Tauchkolben.

Scheibenkolbenpumpen sind durch Wegfall der inneren Stopfbuchsen einfacher im Aufbau und außerdem durch den kurzen Kolben in der Baulänge wesentlich kürzer als doppeltwirkende Tauchkolbenpumpen.

#### 2.2.4. Differentialkolben- oder Stufenkolbenpumpe

Nach /1/ wird der Aufbau einer liegenden Differentialkolbenpumpe in der Prinzipskizze Bild 9 dargestellt.

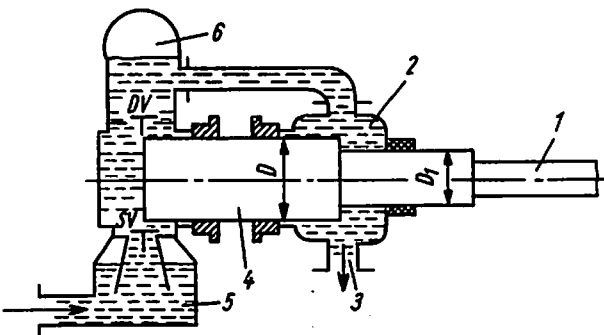


Bild 9  
Differentialkolbenpumpe /1/  
1 Kolbenstange;  
2 Ausgleichgehäuse;  
3 Druckstutzen;  
4 Stufenkolben;  
5 Saugwindkessel;  
6 Druckwindkessel;  
DV Druckventil  
SV Saugventil

Der Stufenkolben hat links einen großen Querschnitt, rechts einen kleinen Querschnitt. Der Kolbenhub der Pumpe wird im weiteren Text mit  $s$  bezeichnet. Bewegt sich der Kolben nach rechts, dann saugt er das Flüssigkeitsvolumen  $A s$  ( $A$  = Fläche des großen Kolbendurchmessers) an, gleichzeitig drückt er bei der Bewegung aus dem Ausgleichsraum die Flüssigkeitsmenge  $(A - A_1) s$  in die Druckleitung ( $A_1$  = Fläche des kleinen Kolbendurchmessers). Wird der Kolben nach links bewegt, dann wird das Flüssigkeitsvolumen  $A s$  aus dem Pumpenraum in den Ausgleichsraum gedrückt. Durch den Stufenkolben bleibt jedoch die Flüssigkeitsmenge  $(A - A_1) s$  im Ausgleichsraum, die Flüssigkeitsmenge  $A_1 s$  wird in die Druckleitung gefördert. Wird der Stufenkolben im Verhältnis  $A_1 = \frac{A}{2}$  ausgeführt, dann fördert die Pumpe beim Hin- und Rückgang die gleiche Flüssigkeitsmenge. Die Kolbenquerschnittsfläche  $A_1$  kann auch so gewählt werden, daß beim Hin- und Rückgang des Kolbens die Antriebskraft gleich groß ist. Eine Differentialkolbenpumpe wirkt saugseitig wie eine einfachwirkende Pumpe. Druckseitig fördert sie jedoch beim Hin- und Rückgang des Stufenkolbens wie eine doppeltwirkende Pumpe. Der Vorteil gegenüber einer doppeltwirkenden Pumpe besteht darin, daß bei der Differentialpumpe nur ein Saug- und ein Druckventil notwendig sind. Es werden zwei Ventile eingespart. Sie kann für kleine und mittlere Förderströme und insbesondere bei hohen Drücken verwendet werden. Die dargestellte Pumpe entspricht von der Funktion her einer einfachwirkenden Pumpe mit nachgeschaltetem Pulsator. Da der Stufenkolben und das aus mehreren Teilen bestehende Pumpengehäuse die Fertigungskosten erhöhen, wird sie nur selten verwendet. Der Anschluß der Druckleitung erfolgt bei dieser Pumpe unten an dem Ausgleichsgehäuse und nicht wie bei anderen Kolbenpumpen unterhalb des Windkessels. Würde man diese Eigenart nicht berücksichtigen, fände bei jedem Hubwechsel ein Richtungswechsel des Flüssigkeitsstromes im Verbindungskanal zwischen dem Ausgleichsgehäuse und dem Windkessel statt.

## 2.3. Einteilung der Kolbenpumpen

### 2.3.1. Einteilung nach Bauteilen

Bei der Einteilung der Kolbenpumpen nach Bauteilen unterscheidet man zwei Hauptteile, einmal den hydraulischen und zum anderen den mechanischen Teil.

Der hydraulische Teil wird weiter untergliedert in:

- Saugteil: Dieser besteht aus dem Saugflansch, dem Saugwindkessel und dem Saugventil
- Pumpenteil: Er besteht aus dem Pumpenkörper (Zylinder bzw. Laufbuchse), dem Kolben, der Kolbenstange und den Stopfbuchsen.
- Förderteil: Dazu gehören das Druckventil, der Druckwindkessel und der Anschluß zur Druckleitung

Der mechanische Teil besteht aus dem Kurbeltrieb (Kurbelwelle, Pleuel und Lager), dem Kreuzkopf, der Kreuzkopfführung und dem Gehäuse.

### 2.3.2. Einteilung nach der Wirkungsweise

Die Wirkungsweise der Kolbenpumpe wurde bereits in den Abschnitten 2.1. und 2.2.4. beschrieben.

Man unterscheidet danach:

- Saug- und Hubpumpen
- einfachwirkende Kolbenpumpen
- doppelwirkende Kolbenpumpen
- Stufen- oder Differentialkolbenpumpen

### 2.3.3. Einteilung nach der Art des Kolbens

Kolbenpumpen werden auch nach der Art des verwendeten Kolbens eingeteilt.

Die Einteilung erfolgt in

- Scheibenkolbenpumpen
- Tauch- oder Plungerkolbenpumpen

- Stufenkolbenpumpen
- Ventilkolbenpumpen

#### 2.3.4. Einteilung nach der Anzahl der Kolben

Werden die Kolbenpumpen nach der Anzahl der Kolben eingeteilt, so unterscheidet man in

- Einkolbenpumpen
- Zweikolben-(Zwillings-)Pumpen
- Dreikolben-(Drillings-)Pumpen

Alle drei Arten können einfach- und doppelwirkend ausgeführt werden. Die Einkolbenpumpen werden als einfachwirkende Plunger- oder als doppelwirkende Scheibenkolbenpumpen gebaut. Bei Zwillingsanordnung bevorzugt man die doppelwirkende Scheibenkolbenpumpe mit  $90^{\circ}$  Kurbelversetzung. Drillingspumpen werden hauptsächlich mit Tauchkolben und je  $120^{\circ}$  Kurbelversetzung gebaut.

#### 2.3.5. Einteilung nach der Lage der Kolbenachse

Hierbei unterscheidet man in

- liegende Pumpen (horizontal)
- stehende Pumpen (vertikal)

Bei großen Pumpenanlagen wird wegen der besseren Montagemöglichkeiten stets die liegende Bauart gewählt.

Sie wird bevorzugt, wenn es auf besonders standfeste Ausführung ankommt und genügend Platz vorhanden ist. Steht wenig Platz zur Verfügung, wie z. B. im Schiffsbau, wird die stehende Bauart bevorzugt.

## 2.4. Einzelteile der Kolbenpumpe

### 2.4.1. Ventile

Ventile haben die Aufgabe, den Arbeitsraum beim Saugen und Drücken abwechselnd mit der Saugseite und der Druckseite zu verbinden. Sie gestatten der Bewegung des Flüssigkeitsstroms nur eine Richtung und bewirken dadurch den eigentlichen Pumpvorgang.

Sie gehören zu den am stärksten beanspruchten Teilen der Pumpe. Die Saug- und Druckventile werden in zwei Arten unterteilt:

- Hubventile
- Klappenventile

Die Hubventile bewegen sich geradlinig und senkrecht zur Dichtfläche. Die Klappenventile drehen sich um eine waagerechte Achse.

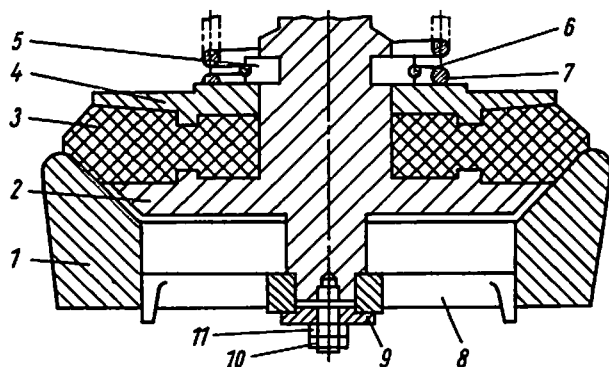


Bild 10  
Kegelventil (nach  
VVB-Standard)  
1 Ventilsitz;  
2 Ventilkegel;  
3 Ventildichtung;  
4 Ventilscheibe;  
5 Ring; 6 Sicher-  
ungsring; 7 Ven-  
tilfeder; 8 Füh-  
rungskreuz;  
9 Scheibe; 10 Stift-  
schraube; 11 Sech-  
skantmutter

Am häufigsten werden Hubventile verwendet; sie werden als Teller-, Kugel-, Ring- und Kegelventile gebaut. Im Bild 10 wird ein federbelastetes Kegelventil dargestellt. Es wird im Ventilsitz und im Ventildeckel geführt. Die Begrenzung des Ventilhubes erfolgt durch den Ventildeckel oder durch spezielle Bauteile (Hubfänger).



## 2.4.2. Kolben

Wie bereits angedeutet, unterscheidet man Scheiben-, Tauch- (Punger-) und Ventilkolben. Letzterer wird hauptsächlich bei Hubpumpen verwendet. Für kleinere und mittlere Drücke werden im allgemeinen Scheibenkolben verwendet, während bei höheren Drücken fast ausschließlich Tauchkolben verwendet werden, da bei diesen eine bessere Abdichtung möglich ist. Beim Einsatz von Tauchkolben braucht der Pumpenraum nicht besonders bearbeitet zu werden, da die Abdichtung durch Stopfbuchsen erfolgt. Werden Scheibenkolben verwendet, erfolgt die Abdichtung gegen die Zylinderwand durch Manschetten, Stulpen oder Kolbenringe. Hierbei wird in den Pumpenraum eine auswechselbare Laubuchse eingesetzt. Die Innenflächen der Laubuchsen werden besonders bearbeitet und einer Oberflächenhärtung unterzogen. Werden Kolbenringe zur Abdichtung eingesetzt, kann die Pumpe nur für reine Flüssigkeiten verwendet werden. Die Manschetten und Stulpen können aus Gummi oder Leder sein. Der Kolbenkörper besteht aus Grauguß, Stahlguß oder Stahl.

Im Bild 11 wird ein Manschettenkolben mit aufsetzbaren Manschetten dargestellt. Es kommen aber auch Kolben zum Einsatz, bei denen die Gummimanschetten direkt auf den Kolbenkörper aufvulkanisiert sind.

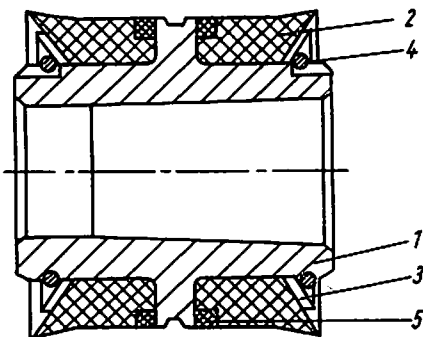


Bild 11  
Manschettenkolben  
(nach VVB-Standard)  
1 Kolbenkörper; 2 Kolben-  
manschette; 3 Scheibe; 4 Si-  
cherungsring; 5 Miramidring

### 2.4.3. Stopfbuchsen

Die Aufgabe der Stopfbuchsen besteht darin, die Tauchkolben und Kolbenstangen abzudichten. Sie sollen verhindern, daß beim Saughub Außenluft in den Pumpenraum eindringt und beim Druckhub die Flüssigkeit an den Kolbenstangen bzw. Tauchkolben austreten kann. Es muß vermieden werden, daß die Stopfbuchsen zur Führung bzw. zum Tragen des Kolbens oder der Kolbenstange verwendet werden, da sonst die Funktion der Stopfbuchse als Dichtelement in Frage gestellt wird. Die Verwendung zum Führen bzw. zum Tragen kann nur bei kleinen, leichten Konstruktionen realisiert werden.

Die Stopfbuchsen bestehen aus folgenden Hauptteilen:

- Gehäuse
- Brille
- Packungsmaterial

Stopfbuchsen werden in verschiedenen Arten und Größen gebaut. Bild 12 zeigt eine Stopfbuchse für Kolbenstangen. Das

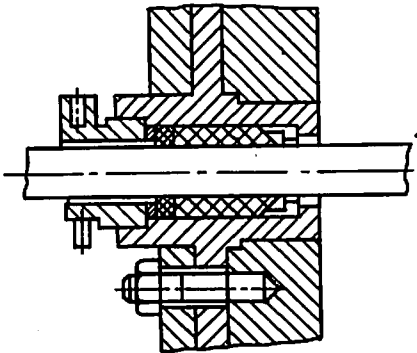


Bild 12  
Stopfbuchse /10/

Gehäuse wird entweder in den Zylinderdeckel eingelassen oder gleich mit angegossen. Das Packungsmaterial kann je nach Betriebsbedingungen aus Hanf, Baumwolle, Leder, Gummi oder Metall bestehen. Die Brille kann mit Gewinde zum Anziehen versehen sein, oder sie wird mittels Schrauben angezogen.

#### 2.4.4. Windkessel

Die Aufgabe der Windkessel besteht darin, bei absatzweise fördernden Pumpen den Flüssigkeitsstrom möglichst gleichmäßig zu gestalten und die Pumpenstöße auszugleichen. Die Saug- und Druckwindkessel werden in verschiedenen Formen und Größen gebaut. Eine Einzylinderpumpe benötigt einen größeren Windkessel als eine Mehrzylinder- oder doppelwirkende Pumpe. Die Anbringung der Windkessel muß so nah wie möglich am Pumpenraum erfolgen. Das Luftvolumen des Windkessels wirkt als elastisches Zwischenglied und nimmt die Stöße der Pumpe auf, so daß die Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit nahezu gleichförmig wird. Während des Druckhubes drückt der Kolben die Flüssigkeit in den Windkessel, da die Fördermenge größer ist, als die Druckleitung aufnehmen kann. Das Luftvolumen wird dadurch verdichtet. Nach Beendigung des Druckhubes schließt das Druckventil, und das vorher verdichtete Luftvolumen drückt die überschüssige Flüssigkeitsmenge in die Druckleitung und gewährleistet somit eine einigermaßen gleichbleibende Strömungsgeschwindigkeit auch während des Saughubes. Der Saugwindkessel hat die umgekehrte Wirkung. Beim Saughub der Pumpe entspannt sich das Luftvolumen und drückt die aufgespeicherte Flüssigkeit, wenn sich das Saugventil geöffnet hat, in den Pumpenraum. Wäre kein Saugwindkessel vorhanden, müßte der Kolben bei jedem Saughub die gesamte Flüssigkeitssäule erneut beschleunigen. Des weiteren würde nach dem Schließen des Saugventils die Bewegung der Flüssigkeitssäule einen hydraulischen Stoß verursachen. Durch den Saugwindkessel wird dies verhindert, und der Flüssigkeitsstrom wird gleichmäßiger.

Bei Pumpen für hohe Drücke würde der Druckwindkessel entweder zu groß oder wirkungslos werden. Deshalb werden Pulsatoren verwendet, die mit Luft oder Stickstoff vorgespannt werden.

#### 2.4.5. Sicherheitsventile

Um Kolbenpumpen vor Schäden durch Überdruck zu schützen, baut man ein Sicherheitsventil an. Das Sicherheitsventil wird auf den jeweils höchstzulässigen Betriebsdruck der Pumpe einge-

stellt und ist am Druckstutzen der Pumpe anzuordnen. Werden bei Kolbenpumpen die Laubuchsen und Kolben gewechselt, um eine größere Fördermenge oder einen höheren Druck zu erreichen, muß auch das Sicherheitsventil danach eingestellt oder gewechselt werden.

Es werden nachfolgende Sicherheitsventile und Sicherheitseinrichtungen verwendet:

- federbelastete Sicherheitsventile
- gewichtsbelastete Sicherheitsventile
- Sicherheitseinrichtung mit Scherstiften
- Sicherheitseinrichtung mit Berstscheiben

Die feder- und gewichtsbelasteten Sicherheitsventile werden für Wasserhaltungsanlagen mit niedrigen Drücken verwendet. Die Sicherheitseinrichtungen mit Scherstiften oder mit Berstscheiben werden bei höheren Drücken eingesetzt. Die Spülpumpen des Industriezweiges Erdöl-Erdgas sind mit Berstscheibensicherheitseinrichtungen ausgerüstet.

#### 2.4.6. Pumpenkörper

Die Pumpenkörper werden für Kolbenpumpen in stehender und liegender Anordnung gebaut. Der Pumpenkörper wird für niedere Drücke aus Gußeisen, für höhere Drücke aus Stahlguß gefertigt. Überwiegend werden die Ventilgehäuse gleichzeitig mit an den Pumpenkörper angegossen. Bei der Verwendung von auswechselbaren Laubuchsen kann der Pumpenkörper für mehrere Typen verwendet werden, und man kann Laubuchsen mit verschiedenen Durchmessern und Hublängen benutzen. Großer Wert wird auf die Zugänglichkeit zu den auswechselbaren Teilen (Ventile, Ventilsitze, Laubuchsen, Kolben) gelegt, um bei Störungen Montageschwierigkeiten zu vermeiden.