



Pneumatik und Hydraulik

Skript

Dipl.-Ing. Thomas Amhaus
Fakultät Maschinenwesen

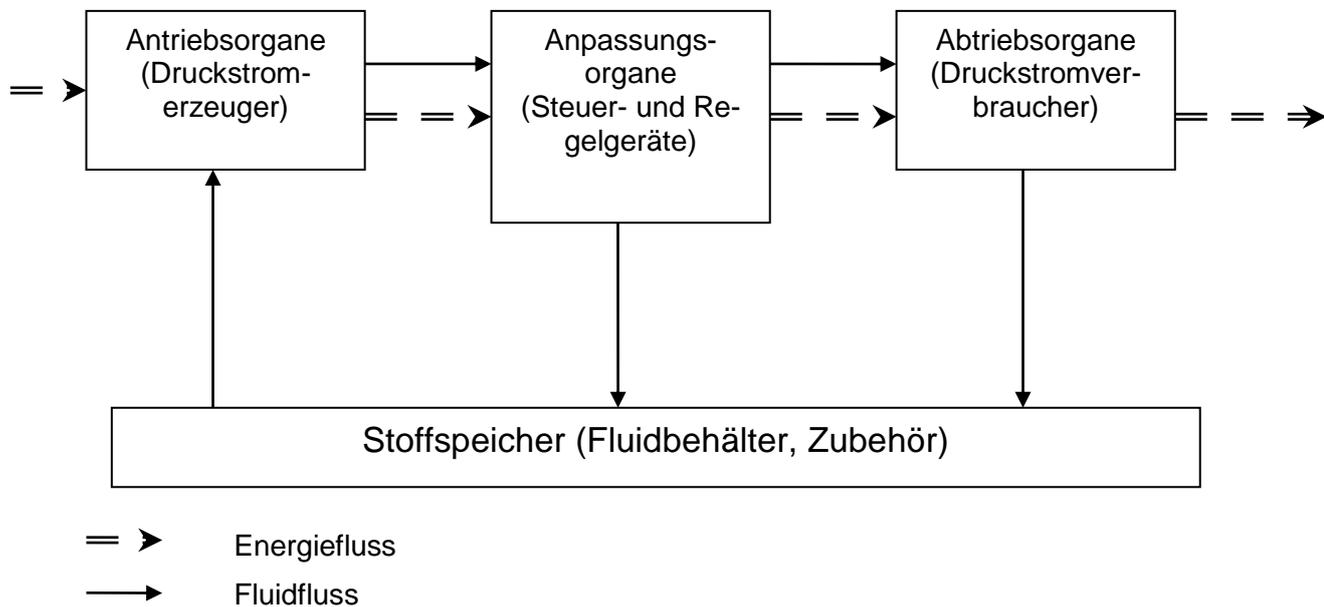
Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung**
- 2 Pneumatische Steuerungen**
 - 2.1 Baugruppen
 - 2.2 Bauelemente
 - 2.2.1 Druckluftanlage
 - 2.2.2 Arbeitselemente
 - Druckluftzylinder
 - Druckluftmotoren
 - 2.2.3 Ventile
 - Wegeventile
 - Sperrventile
 - Druckventile
 - Stromventile
 - 2.3 Schaltpläne pneumatischer Steuerungen
 - 2.4 Elektropneumatische Steuerungen
- 3 Hydraulische Steuerungen**
 - 3.1 Bauelemente
 - 3.1.1 Hydraulikflüssigkeiten
 - 3.1.2 Hydraulikpumpen
 - Zahnradpumpen
 - Flügelzellenpumpen
 - Kolbenpumpen
 - 3.1.3 Arbeitselemente
 - Hydrozylinder
 - Hydromotoren
 - Hydrospeicher
 - 3.1.4 Ventile
 - Wegeventile
 - Sperrventile
 - Druckventile
 - Stromventile
 - Proportionalventile
 - 3.1.5 Hydraulikleitungen
 - 3.2 Elektrohydraulische Steuerungen
- 4 Vergleich von Pneumatik und Hydraulik**

1 Einleitung

Wirkungsschemata hydraulischer und pneumatischer Anlagen

Allgemeiner Aufbau



Norm: DIN ISO 1219-1:2007

Fluidtechnik – Graphische Symbole und Schaltpläne –

Teil 1: Graphische Symbole für konventionelle und datentechnische Anwendungen (ISO 1219-1:2006);

2 Pneumatische Steuerungen

Unter Pneumatik versteht man die Lehre vom Verhalten der Gase, insbesondere der Luft. In der Technik umfasst die Pneumatik vor allem die Erzeugung von Druckluft und ihre Nutzung zur Steuerung und zum Antrieb von Systemen.

Vorteile der Pneumatik:

- Kräfte und Geschwindigkeiten der Zylinder sind stufenlos einstellbar.
- Zylinder und Druckluftmotoren erreichen hohe Geschwindigkeiten und Drehzahlen.
- Druckluftgeräte können ohne Schaden bis zum Stillstand überlastet werden.
- Druckluft ist in Behältern speicherbar.

Nachteile der Pneumatik:

- o Große Kolbenkräfte sind nicht erreichbar, da der Betriebsdruck meist weniger als 10 bar beträgt.
- o Gleichförmige Kolbengeschwindigkeiten sind nicht möglich aufgrund der Kompressibilität der Luft.
- o Ohne Festanschläge können mit Zylindern keine genauen Stellungen angefahren werden.
- o Ausströmende Druckluft verursacht Lärm.

2.1 Baugruppen pneumatischer Anlagen

Man gliedert im Wesentlichen in drei Baugruppen:

- **Drucklufterzeugung** mit Verdichter, Kühler, Trockner und Druckluftbehälter,
- **Druckluftaufbereitung** mit Filter, Druckregelventil, eventuell Öler und Hauptventil,
- **Pneumatische Steuerung** mit Wege-, Sperr- und Stromventilen sowie Pneumatikzylindern und Druckluftmotoren.

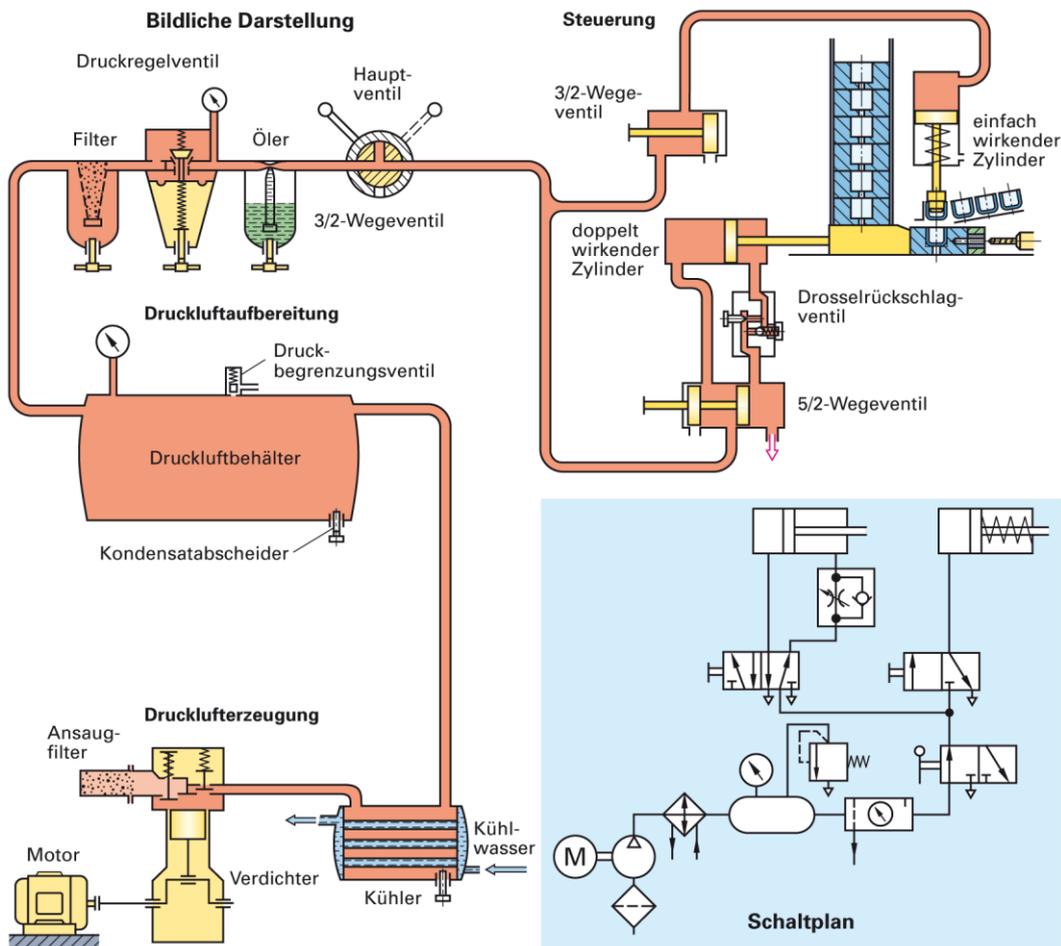


Abb. 1: Bildliche Darstellung und Schaltplan einer Pneumatikanlage

2.2 Bauelemente

2.2.1 Druckluftanlage

Erzeugung der Druckluft

Druckluft wird mit **Kolben-, Membran- oder Schraubenverdichtern** erzeugt.

Sie saugen Luft durch das Ansaugfilter an, verdichten sie und drücken sie über den **Kühler** in den **Druckluftbehälter**.

Das Kondensat wird abgeschieden.

Druckluft mit sehr geringer Restfeuchtigkeit erhält man durch Abkühlen auf 4°C (Kältetrocknung).

Ist der maximale Druck im Druckluftbehälter erreicht, wird die Zufuhr weiterer Druckluft durch Abschalten des Verdichterantriebes (Aussetzregelung) oder Offenhaltung der Ansaugventile bei laufendem Verdichter ausgesetzt (Entlastungsregelung).

Der **Druckluftbehälter** hat folgende Aufgaben:

- Speichern und Kühlen der Druckluft;
- Abscheiden restlicher Luftfeuchtigkeit;
- Ausgleich von Druckschwankungen.

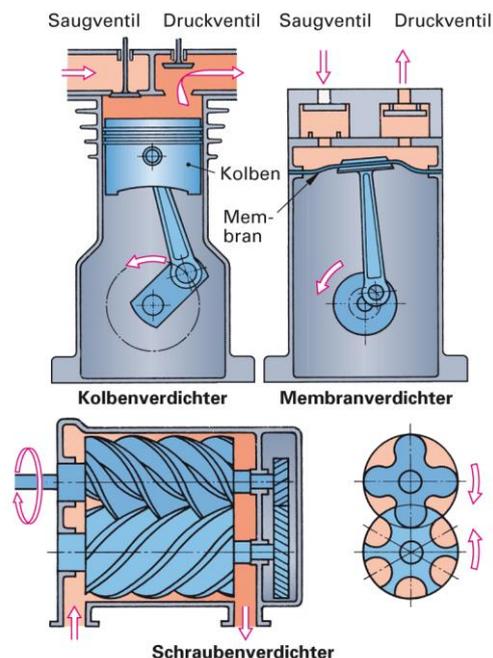


Abb. 2: Bauarten von Verdichtern

Forderungen an das **Druckluftnetz**:

- Anlegen als Ringleitung, um die Versorgung auch bei Reparaturen zu gewährleisten;
- Die Leitungsquerschnitte sind so groß zu wählen, dass nicht mehr als 0,2 bar Druckverlust entstehen;
- Die Leitungen sind mit Gefälle zu verlegen, damit das Kondenswasser abgelassen werden kann.

Vor den Zylindern und Ventilen einer Pneumatikanlage ist die **Aufbereitungseinheit** (Wartungseinheit) eingebaut. Sie besteht aus **Druckluftfilter**, **Druckregelventil** und **Drucklufttöler**.

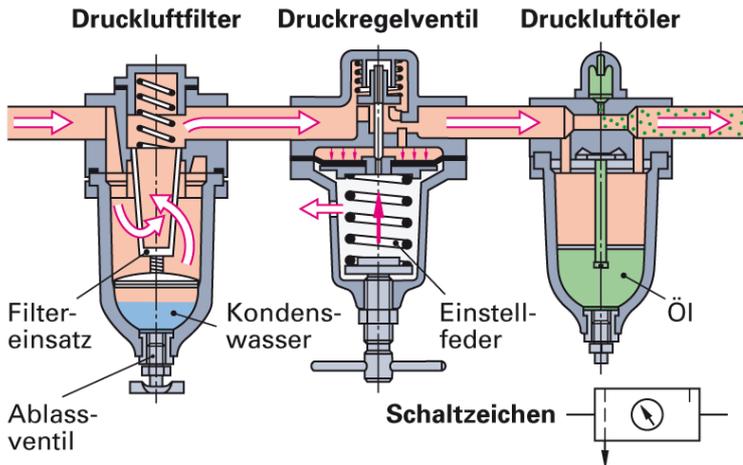


Abb. 3: Aufbereitungseinheit

2.2.2 Arbeitselemente

Druckluftzylinder

Druckluftzylinder führen translatorische Bewegungen aus. Man unterscheidet zwischen einfachwirkenden und doppelwirkenden Zylindern.

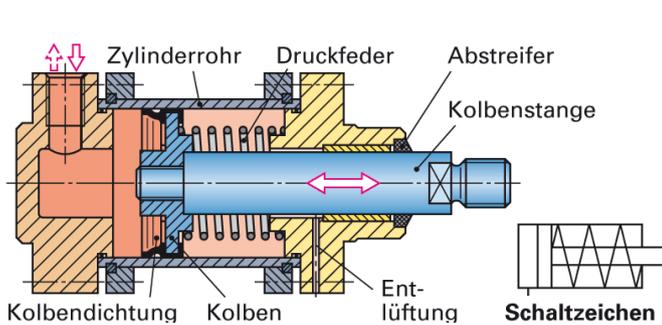
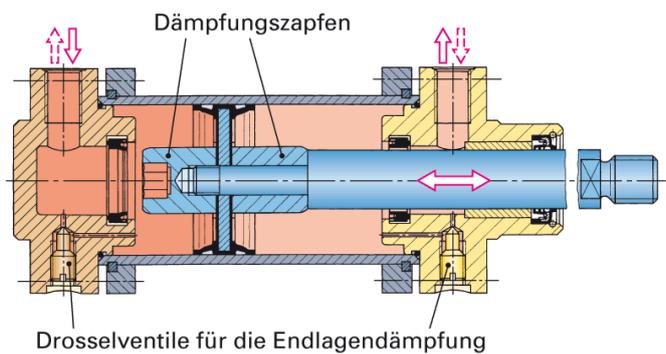
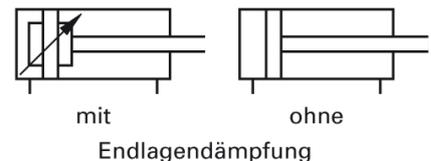


Abb. 4: Einfachwirkender Zylinder

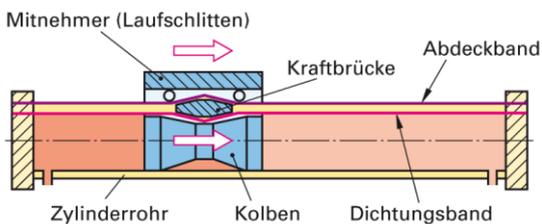


Schaltzeichen für doppelt wirkende Zylinder

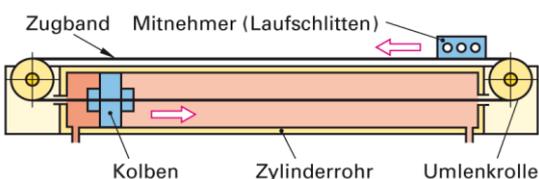


mit ohne Endlagendämpfung

Abb. 5: Doppelwirkender Zylinder mit beidseitiger Endlagendämpfung



Direkter Antrieb des Mitnehmers über die Kraftbrücke



Indirekter Antrieb des Mitnehmers über ein Zugband

Abb. 6: Kolbenstangenlose Pneumatikzylinder

Kolbenkräfte bei Zylindern

$$F = F_{th} - F_R$$

Wirksame Kolbenkraft

$$F = F_{th} \cdot \eta$$

$$F = p_e \cdot A \cdot \eta$$

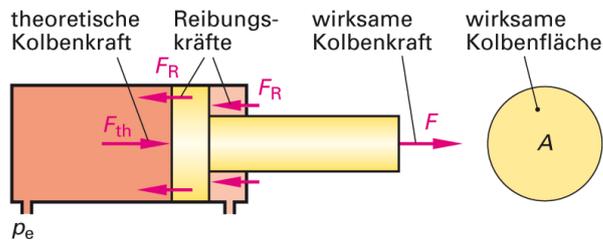


Abb. 7: Kräfte am Kolben

Druckluftmotoren

Sie werden als Lamellen-, Kolben- und Zahnradmotoren gebaut und übertragen die Energie der Druckluft als drehende Abtriebsbewegung. Das abgegebene Drehmoment des Motors hängt vom Druck der Luft und der beaufschlagten Fläche (Lamellen, Kolben, Zahnrad) ab.

Eine Drehrichtungsänderung erfolgt meist durch Umschalten der Druckanschlüsse mittels 4/2-Wegeventil.

2.2.3 Ventile

Bei Ventilen unterscheidet man nach der Funktion in Wege-, Sperr-, Strom- und Druckventile. Symbolik ist in DIN ISO 1219-1:2007-12 geregelt.

Wegeventile

Bestimmen Start, Stopp und Durchflussrichtung der Druckluft.

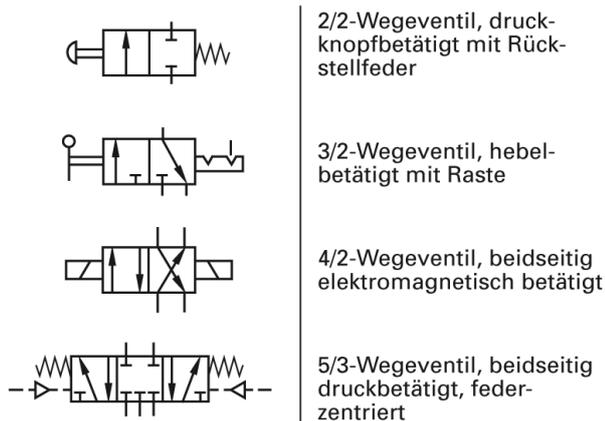


Abb. 8: Schaltzeichen

von Hand, mit dem Fuß	mechanisch
allgemein	Stößel
Druckknopf	Feder
Hebel	Rollenstößel
Pedal	Rollenhebel, eine Betätigungsrichtung
durch Druck	elektrisch
direkt	Elektromagnet
indirekt über Vorsteuerstufe	2stufige Betätigung
	Elektromagnet und Druckluftvorsteuerung

Abb. 9: Betätigungsarten

Sperrventile

Sperrventile verhindern den Durchfluss der Druckluft in einer Richtung.

Man unterscheidet **Rückschlag-** und **Wechselventile**.

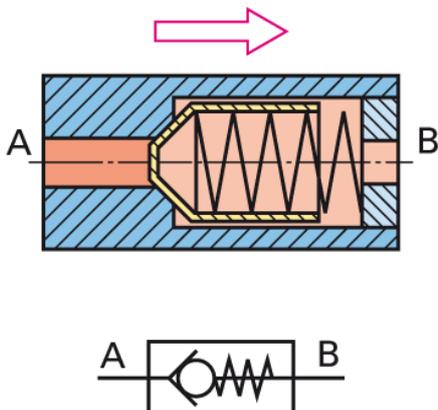


Abb. 10: Rückschlagventil

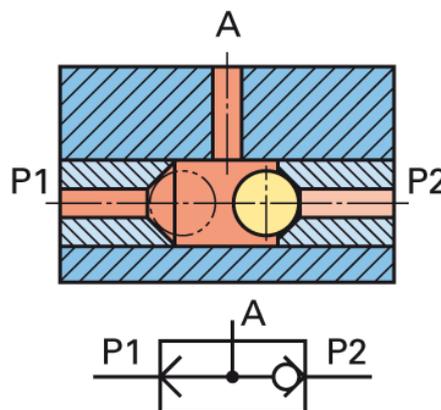


Abb. 11: Wechselventil

Schnellentlüftungsventile werden direkt an den Zylindern angebaut. Sie leiten die aus dem Zylinder beim Rückhub ausströmende Luft nicht über das Wegeventil zurück, sondern unmittelbar ins Freie.

Zweidruckventile besitzen zwei Eingänge sowie einen Ausgang. Wird nur einer der Eingänge mit Druckluft beaufschlagt, sperrt das Sperrelement die Verbindung zum Ausgang. Erst wenn an beiden Eingängen Druckluft anliegt, ist ein Durchfluss möglich (UND-Verknüpfung).

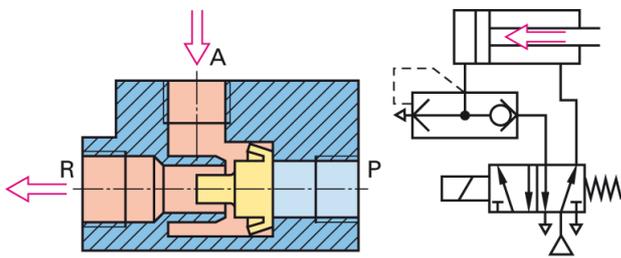


Abb. 12: Schnellentlüftungsventil

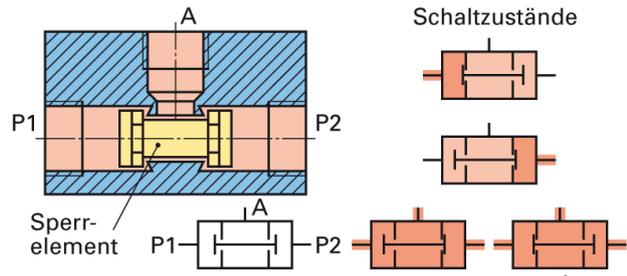


Abb. 13: Zweidruckventil

Stromventile

Stellen die Größe des durch eine Leitung fließenden Druckluftstromes ein.

Es gibt **Drossel-** und **Drosselrückschlagventile**.

Drosselventile haben eine konstante oder einstellbare Engstelle (Drossel), welche den Durchfluss beeinflusst.

Drosselrückschlagventile werden dagegen in eine Richtung frei und in die andere gedrosselt durchströmt.

nicht einstellbares

Drosselventil



einstellbares

Drosselventil



Abb. 14: Drosselventil

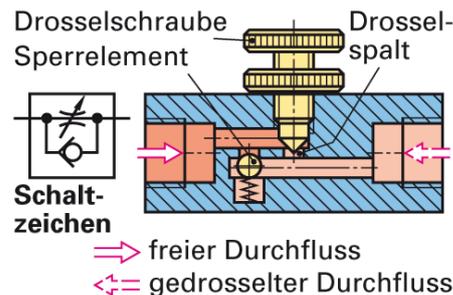


Abb. 15: Drosselrückschlagventil

Druckventile

Druckbegrenzungsventile sichern Druckbehälter, Leitungen und Bauelemente gegen unzulässig hohen Druck. Sie sind in Ruhestellung geschlossen. Das Sperrelement öffnet die Entlüftung ins Freie, wenn die von der Druckluft auf das Sperrelement ausgeübte Kraft größer wird als die eingestellte Federkraft.

Druckregelventile halten den Druck in der Pneumatikanlage konstant. Sie sind in Ruhestellung offen. Die Regelung erfolgt meist über eine Membrane, auf die von oben der Arbeitsdruck und von unten die Kraft der Einstellfeder wirkt.

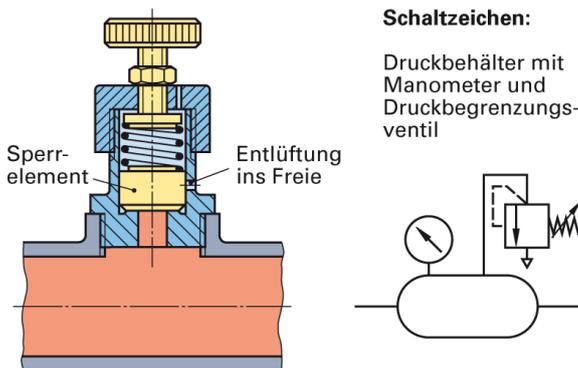


Abb. 16: Druckbegrenzungsventil

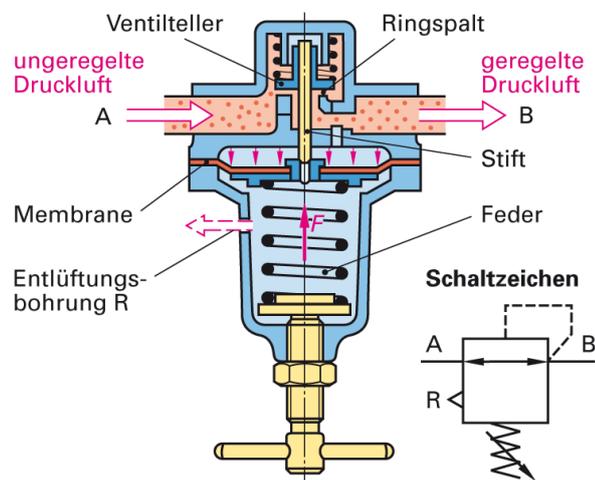


Abb. 17: Druckregelventil

2.3 Schaltpläne pneumatischer Anlagen

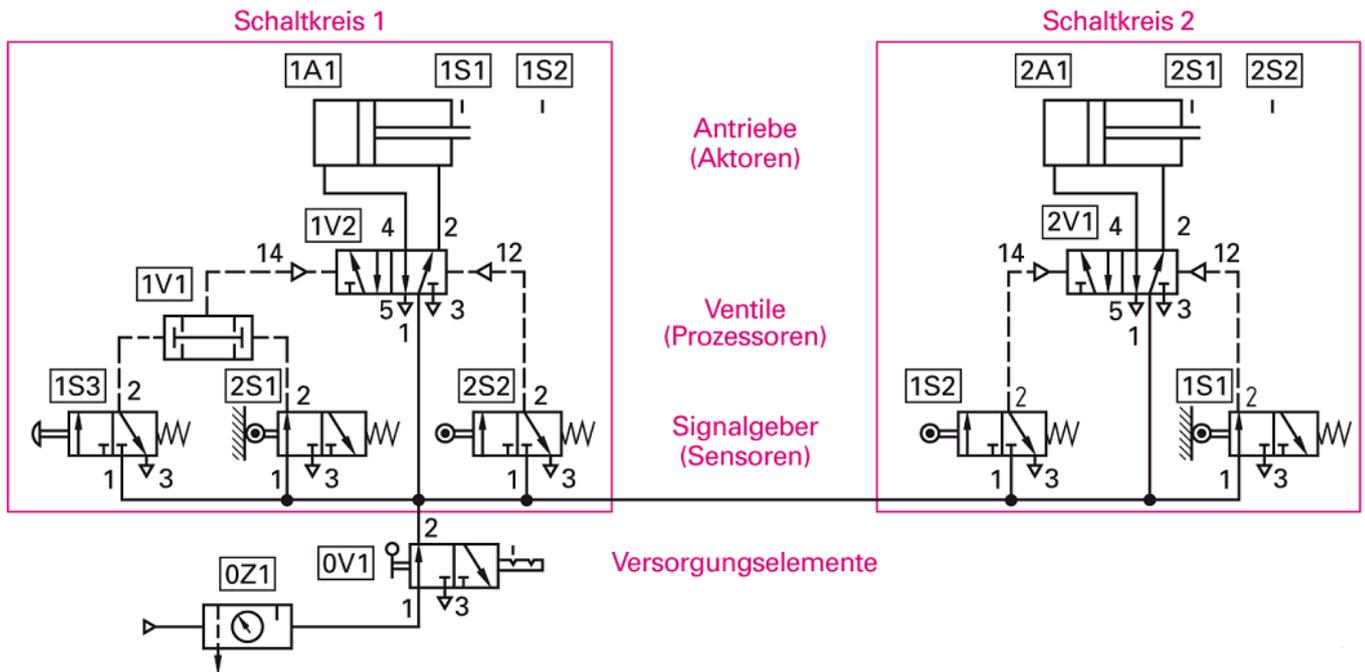


Abb. 18: Aufbau pneumatischer Schaltpläne am Beispiel einer Hubeinrichtung

Pneumatische Steuerungen werden in Schaltkreise gegliedert. Diese fassen Bauteile mit zusammenhängenden Funktionen zusammen.

Die Bezeichnung der Bauelemente in Schaltplänen wird nach einem in DIN ISO 1219-2 genormten Schlüssel festgelegt. Die vollständige Bezeichnung umfasst vier Positionen:

- Anlagen-Nummer
- Schaltkreisnummer
- Kennbuchstabe des Bauteils
- Bauteil-Nummer.

Beispiel eines Kennzeichnungs-Schlüssels

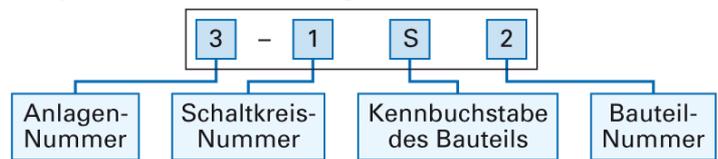


Abb. 19: Kennzeichnungsschlüssel

Tabelle 1: Kennbuchstaben für Bauteile	
A	Antriebe, Aktoren (Zylinder ...)
M	Antriebsmotoren (Elektromotoren)
P	Pumpen und Kompressoren
S	Signalelement (3/2-Wegeventil)
V	Ventile (Wege-, Zweidruckventil, ...)
Z	Alle anderen Bauteile (Manometer, Filter ...)

Beispiele für die Bezeichnung von Bauteilen in Schaltplänen:				
Bezeichnung	Schaltkreis-Nr.	Bauteilart	Zählnummer	Anmerkungen
2A1	2	Zylinder	1	Bei nur einem Zylinder im Schaltkreis kann die Zählnummer entfallen
1V1	1	Ventil	1	Zählnummer „1“ wird oft dem Stellventil des Zylinders reserviert
2S1	2	Signalgeber	1	Zählnummer „1“ für hintere Endlage des Kolbens (nicht genormt)
2S2	2	Signalgeber	2	Zählnummer „2“ für vordere Endlage des Kolbens (nicht genormt)
1S3	1	Signalgeber	3	Startventil; Zählnummer „3“, da „1“ und „2“ schon belegt
0Z1	(0)	Wartungseinheit	1	„0“ kennzeichnet die Bauteile vor den eigentlichen Schaltkreisen

2.4 Elektropneumatische Steuerungen

Bei elektropneumatischen Steuerungen wird der Steuerungsteil durch elektrische Bauelemente (Schalter, Sensoren, Relais, Magnetspulen) oder Schaltungen (Reihen- oder Parallelschaltung) realisiert, die Leistung wird in pneumatischen Bauelementen (Stellelemente, Aktoren) erbracht.

Beispiel: Elektropneumatische Steuerung einer Klebevorrichtung für Kunststoffteile

Aufgabe: Zwei Teile aus thermoplastischem Kunststoff sollen durch einen Stempel zusammengeklebt werden. Der Stempel wird mit einem doppelt wirkenden Pneumatikzylinder auf die eingespannten Teile gedrückt. Die Klebezeit soll durch ein Zeitrelais einstellbar sein und bei Bedarf geändert werden können.

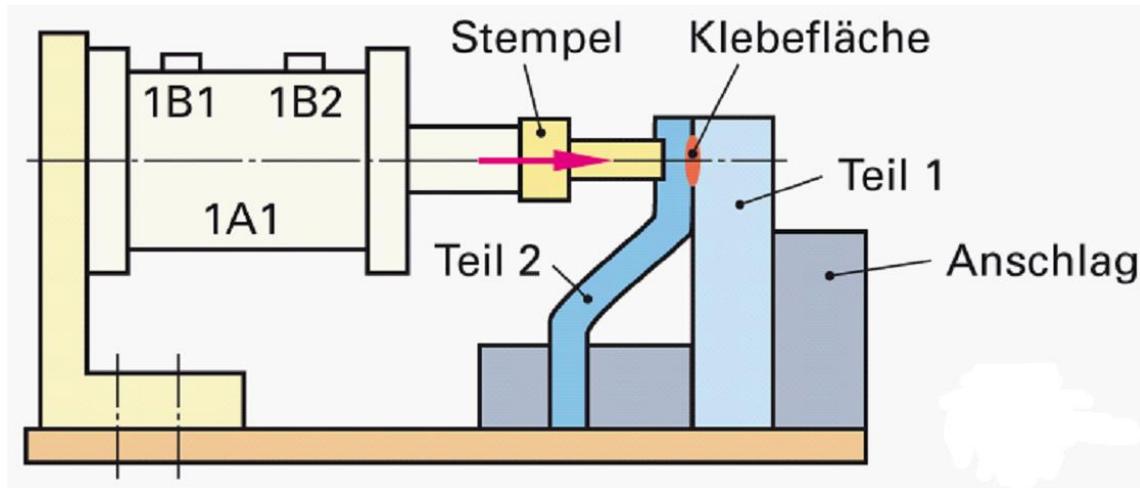


Abb. 20: Technologieschema der Klebevorrichtung

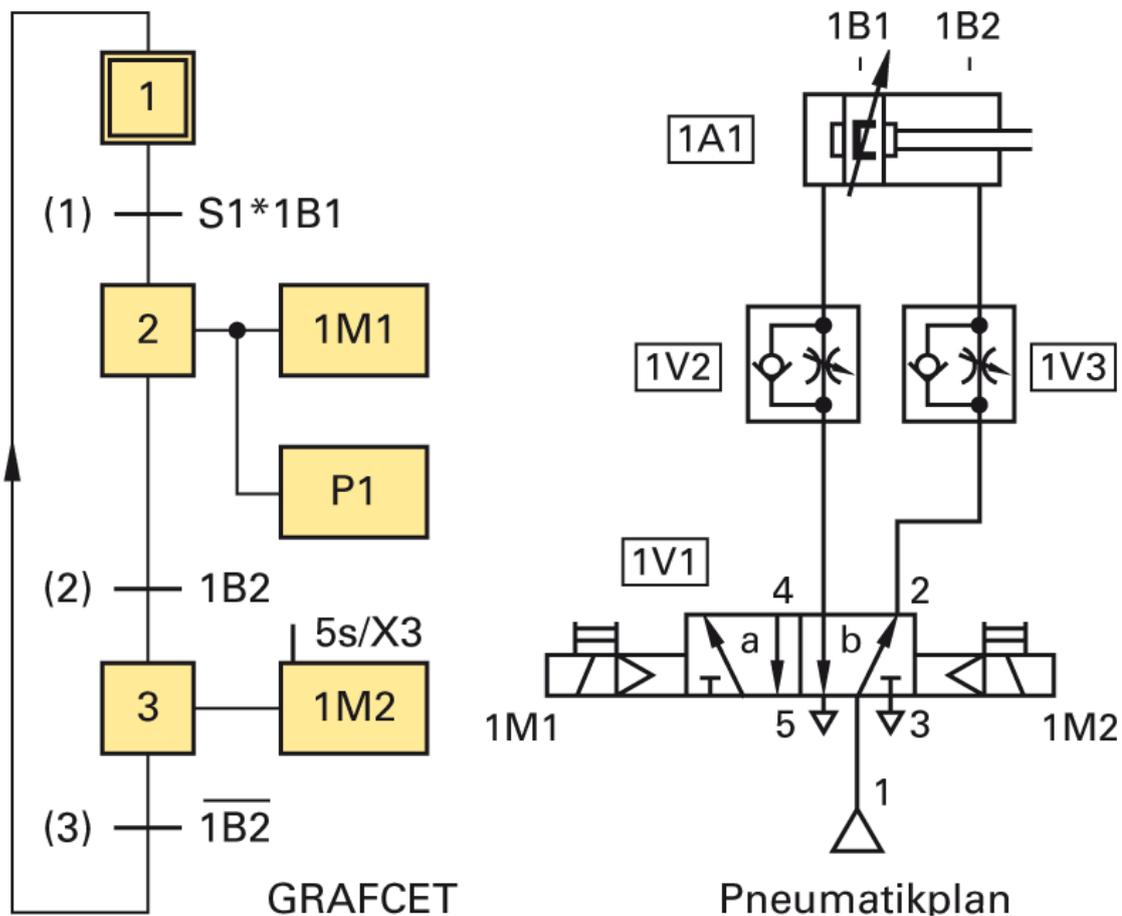


Abb. 21: GRAFCET und Pneumatikschaltplan der Klebevorrichtung

3 Hydraulische Steuerungen

Hydraulik beinhaltet die Übertragung von Kräften und die Steuerung von Bewegungen mit Hilfe von Flüssigkeiten.

Hydrostatik: Lehre von den Gleichgewichtszuständen in ruhenden Flüssigkeiten.

Hydrodynamik: Beschreibt die Gesetzmäßigkeiten der strömenden Flüssigkeiten.

Vorteile der Hydraulik

- große Kräfte durch hohe Drücke möglich
- stufenlos einstellbare Geschwindigkeiten
- gleichförmige Bewegungen wegen der geringen Kompressibilität der Hydraulikflüssigkeit
- sicherer Überlastschutz durch Druckbegrenzungsventile.

Nachteile der Hydraulik

- o Entwicklung von Wärme und dadurch Änderung der Viskosität der Hydraulikflüssigkeit
- o Lärm durch Pumpen und Hydromotoren sowie Schaltgeräusche der Ventile
- o Entstehung von Lecköl.

3.1 Bauelemente

Die Pumpe saugt die Hydraulikflüssigkeit aus dem Behälter an und drückt sie über das Wegeventil in den Zylinder oder Hydromotor. Die vom Kolben verdrängte Flüssigkeit fließt über das Wegeventil in den Behälter zurück. Wird der eingestellte Höchstdruck überschritten öffnet sich das Druckbegrenzungsventil und die Druckflüssigkeit gelangt direkt in den Behälter zurück.

Der Behälter speichert die Hydraulikflüssigkeit, ersetzt Leckverluste und kühlt die erwärmte Flüssigkeit. Im Behälter können sich auch vom Öl aufgenommene Schmutzteile absetzen.

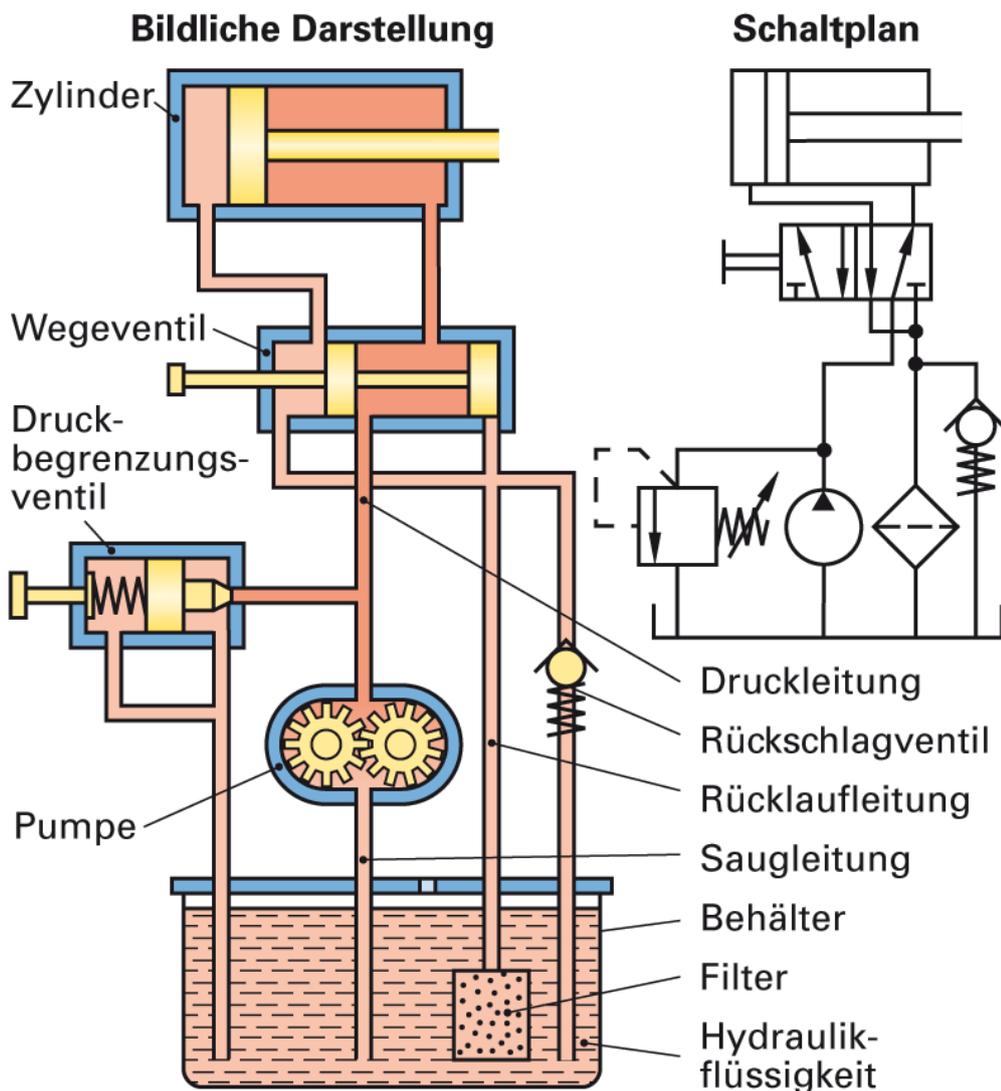


Abb. 22: Bauelemente einer Hydraulikanlage

3.1.1 Hydraulikflüssigkeiten

Aufgaben:

- Übertragung von Kräften und Bewegungen,
- Schmierung der Bauteile,
- Korrosionsschutz,
- Abführen der entstehenden Wärme.
- Abtransport der Schmutzpartikel.

Forderungen:

- **Oxydationsbeständigkeit**
Unter hohem Druck kann die Luft, die in einer Hydraulikflüssigkeit gelöst ist, zur Oxydation führen. Die chemischen Eigenschaften der Hydraulikflüssigkeit müssen diese Vorgänge weitestgehend ausschließen. Oxydation beschleunigt das Altern und Verharzen von Hydraulikflüssigkeiten!
- **Alterungsbeständigkeit**
Kennzeichnet die chemische Beständigkeit der Hydraulikflüssigkeit gegenüber den Einwirkungen von Luft, Wasser, Metall, hohen Drücken und hohen Temperaturen unter Betriebsbedingungen. Wirkt der chemischen Zersetzung entgegen.
- **Entmischbarkeit**
Hydraulikflüssigkeiten müssen Verunreinigungen wie Schmutz, Metallabrieb und Wasser an dafür vorgesehenen Filtern und Gefäßteilen absetzen oder ausscheiden. Sie dürfen mit Wasser keine Emulsion bilden!
- **Luftaufnahmevermögen**
In der Hydraulikflüssigkeit gelöste Luft fördert die Oxydationsanfälligkeit, erhöht die Kompressibilität und verursacht Störungen im Bewegungsablauf. Geräusche im Leitungsnetz und in den Bauteilen sind oft auf Luft einschüsse zurückzuführen. Die Luftaufnahme ist darum zu vermeiden!
- **Schaumbildung**
Sie zeigt, dass die Hydraulikflüssigkeit Luft aufgenommen hat. Hydraulikflüssigkeiten müssen so beschaffen sein, dass sie nicht zum Schäumen neigen. Schaum soll sich an der Oberfläche im Behälter schnell auflösen!
- **Schmierfähigkeit**
Setzt die mechanischen Reibungsverluste und den Verschleiß der Anlagenteile weitestgehend herab, indem sich zwischen den bewegten Teilen ein Schmierfilm bildet.
- **Korrosionsschutz**
Hydraulikflüssigkeiten müssen frei von aggressiven Beimengungen wie Säuren, Basen und gelösten aggressiven Gasen sein, damit die durchströmten Teile der Anlage nicht korrodieren!
- **Gesundheitsgefährdung – Arbeits- und Brandschutz**
Weder Geruch noch Berührung mit Hydraulikflüssigkeit dürfen lästig oder gesundheitsschädigend sein. Die Hydraulikflüssigkeit darf sich nicht selbst entzünden sowie durch chemische Zersetzung explosive Gase entwickeln!

Physikalische Eigenschaften:

kinematische Viskosität [mm²/s]

Die einer Flüssigkeitsbewegung im Inneren entgegenwirkende Reibung infolge von Kraftwirkungen zwischen den Molekülen wird als innere Reibung, Zähigkeit oder Viskosität bezeichnet.

- temperaturabhängig
- druckabhängig

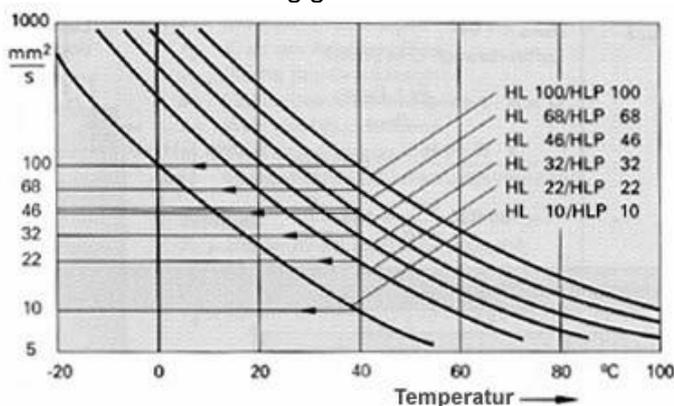


Abb. 23: Viskositäts-Temperatur-Diagramm

Dichte

- o temperaturabhängig
- o druckabhängig

Flammpunkt

Temperatur, bei der Selbstentzündung eintritt.

Stockpunkt

Temperatur, bei der das Öl gerade noch fließt (auch Fließpunkt oder Pourpoint)

Beispiel: HLP 36

kin. Viskosität (bei 50 °C)	$36 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$
Dichte	$0,9 \text{ t m}^{-3}$
Flammpunkt	200 °C
Stockpunkt	-20 °C

Tabelle 1: Hydraulikflüssigkeiten	
Hydrauliköle auf Mineralölbasis	
HLP	Hydrauliköl mit Zusätzen zur Verbesserung von Alterungsbeständigkeit, Korrosionsschutz und Verschleißschutz. Gute Luftabscheidung.
HVLP	Hydrauliköl mit Eigenschaften wie Typ HLP, jedoch kleinerer Viskositätsänderung.
Schwerentflammbare Flüssigkeiten	
HFC	Wässrige Lösungen, z. B. 35 % Polyglykol in Wasser; nur für geringe Drücke
HFD	Wasserfreie synthetische Flüssigkeiten, z. B. Phosphorsäureester
Biologisch abbaubare Flüssigkeiten	
—	Hydraulikflüssigkeiten auf der Basis von Pflanzenölen, z. B. Rapsöl, synthetische Ester oder Polyglykolöle; weitgehend abbaubar.

3.1.2 Hydraulikpumpen

Größe und Bauart der Pumpen werden durch den Volumenstrom, den Druck und durch die zulässigen Drehzahlen bestimmt. Pumpen mit gleich bleibendem Verdrängervolumen je Umdrehung nennt man Konstantpumpen. Ist dagegen das Verdrängervolumen einstellbar, spricht man von Verstellpumpen.

Zahnradpumpen

Werden als Außen- und Innenzahnradpumpen gebaut. Sie fördern die Flüssigkeit in den Zahnücken beider Zahnräder vom Saugraum in den Druckraum. → Konstantpumpen

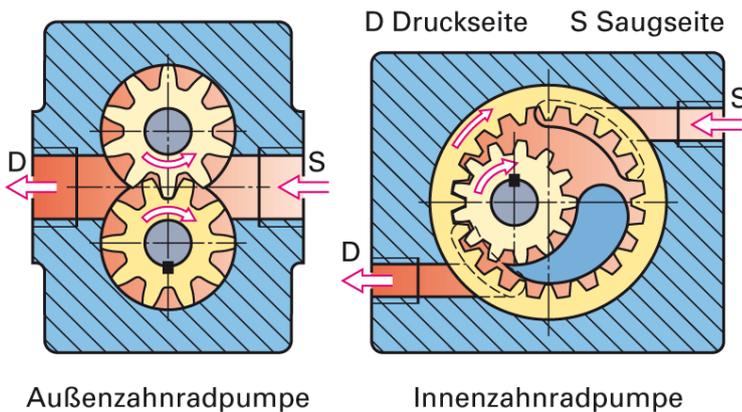


Abb. 24: Zahnradpumpen

Flügelzellenpumpen

Bei Flügelzellenpumpen läuft die Pumpenwelle mit den Flügeln in einem Gehäuse, das zwei meist sichelförmige Ausfräsungen besitzt. Dabei wird die Hydraulikflüssigkeit in den von je zwei Flügeln und der Gehäusewand gebildeten Zellen von der Saugseite auf die Druckseite verdrängt → Konstantpumpen

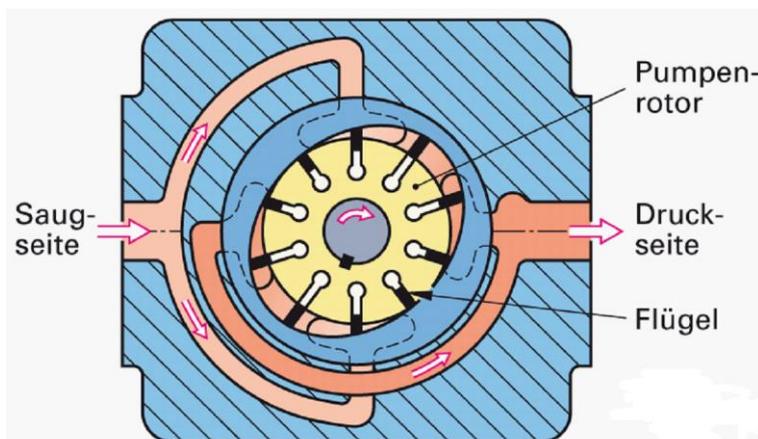


Abb. 25: Flügelzellenpumpe als Konstantpumpe

Kolbenpumpen

Bei den Kolbenpumpen unterscheidet man Axial- und Radialkolbenpumpen.

Bei Axialkolbenpumpen in Schrägachsenbauart werden die Kolben während einer halben Umdrehung der Trommel von der feststehenden Steuerscheibe weggezogen. Sie saugen dabei die Flüssigkeit an. In der zweiten Hälfte der Umdrehung drücken die Kolben die Hydraulikflüssigkeit in die Druckleitung. Bei Verstellpumpen kann der Winkel der Trommel zur Antriebsachse verstellbar sein. Dadurch ändert sich der Kolbenhub und damit der Volumenstrom.
→ Verstellpumpen

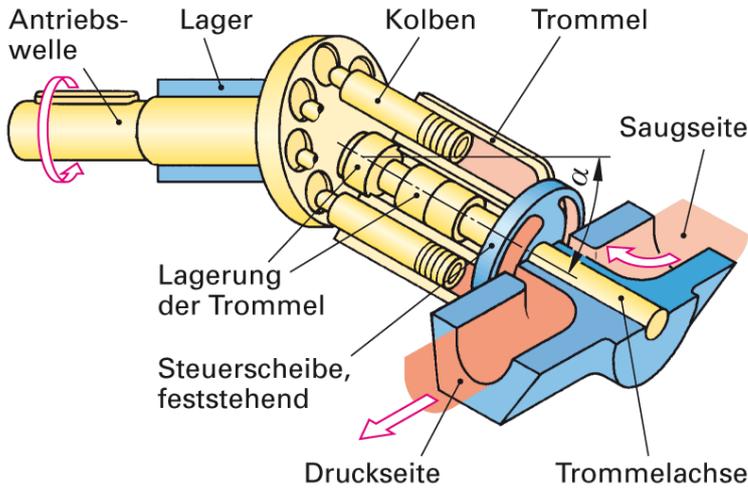


Abb. 26: Axialkolbenpumpe als Verstellpumpe, Schrägachsenbauart

Bei Radialkolbenpumpen sind die Kolben senkrecht zur Drehachse angeordnet. Der Zylinderstern wird angetrieben und dreht sich dabei auf dem feststehenden Steuerzapfen. Die Kolben, die sich an exzentrisch gelagerten Hubringen abstützen, führen eine radiale Bewegung aus und fördern dadurch die Hydraulikflüssigkeit von der Saug- zur Druckseite.

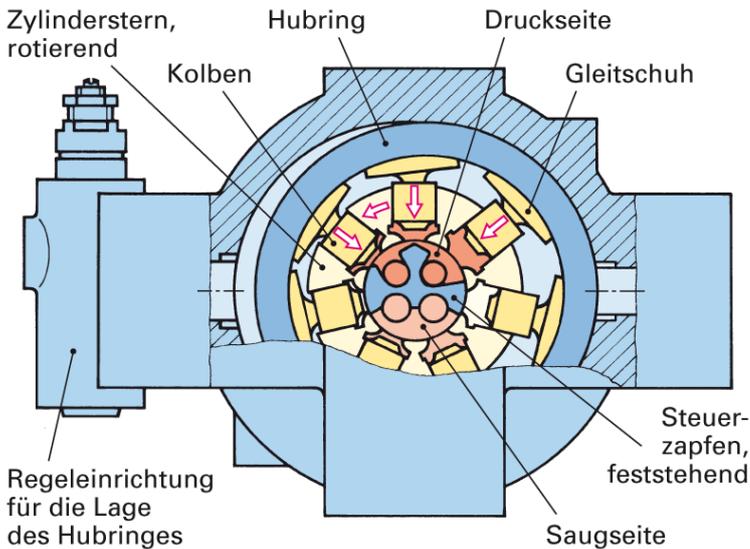


Abb. 27: Radialkolbenpumpe als Verstellpumpe

3.1.3 Arbeitselemente

Hydrozylinder

Hydraulische Zylinder führen geradlinige Bewegungen aus. Wegen der hohen Drücke werden sie stabiler als pneumatische Zylinder ausgeführt. Hydrozylinder werden einfach- und doppelwirkend, mit und ohne Dämpfung gebaut.

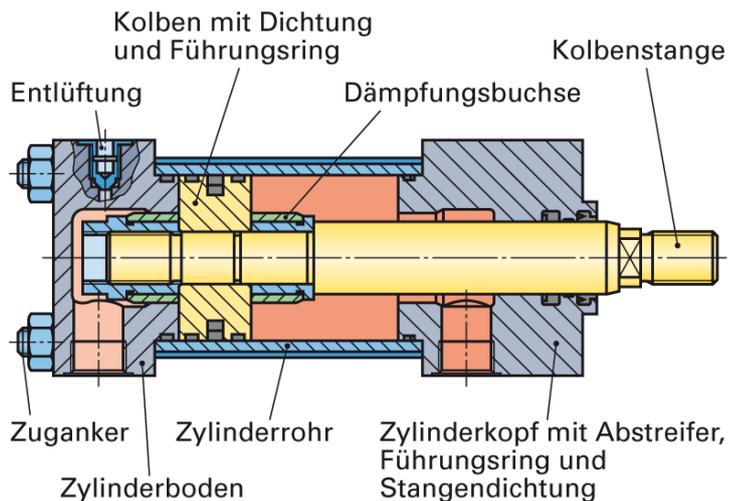


Abb. 28: Doppeltwirkender Hydrozylinder

Kolbenkräfte: $F = F_{th} \cdot \eta = p_e \cdot A \cdot \eta$

Kraftübersetzung:

In abgeschlossenen Hydrauliksystemen, in denen die einzelnen Räume miteinander verbunden sind, herrscht überall der gleiche Druck p_e . Wirkt der Druck auf unterschiedliche große Flächen entstehen unterschiedlich große Kräfte.

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{p_e \cdot A_2}{p_e \cdot A_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

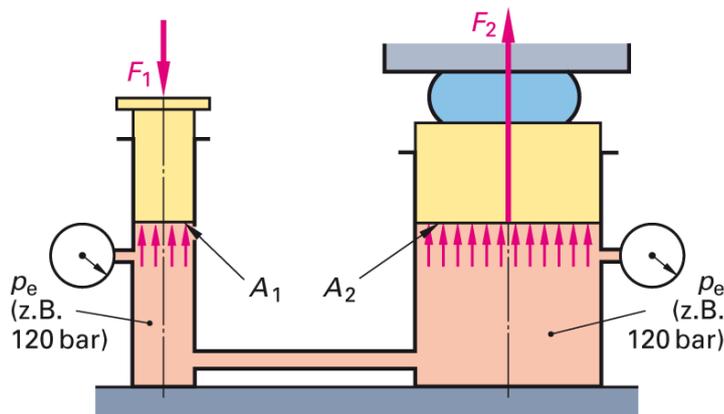


Abb. 29: Kraftübersetzung

Kolben- und Durchflussgeschwindigkeiten

Die Kolbengeschwindigkeit v bei Hydrozylindern ist vom zugeführten Volumenstrom Q und der maßgebenden Kolbenfläche A abhängig.

Die Durchflussgeschwindigkeit v von Flüssigkeiten in Rohren und Schläuchen ist umso größer, je größer der Volumenstrom Q und umso kleiner der Leitungsquerschnitt A ist.

Hydromotoren

Hydromotoren formen die von den Pumpen an die Druckflüssigkeit abgegebene Energie wieder in mechanische Energie (Drehtarbeit) um. Dabei treibt die Druckflüssigkeit die Verdrängungselemente (Zahnräder, Flügel, Kolben) an.

Hydromotoren werden für eine oder zwei Stromrichtungen und als Konstant- oder Verstellmotoren gebaut. Damit können angeschlossene Geräte in einer oder beiden Drehrichtungen und mit konstanter oder verstellbarer Drehzahl angetrieben werden.

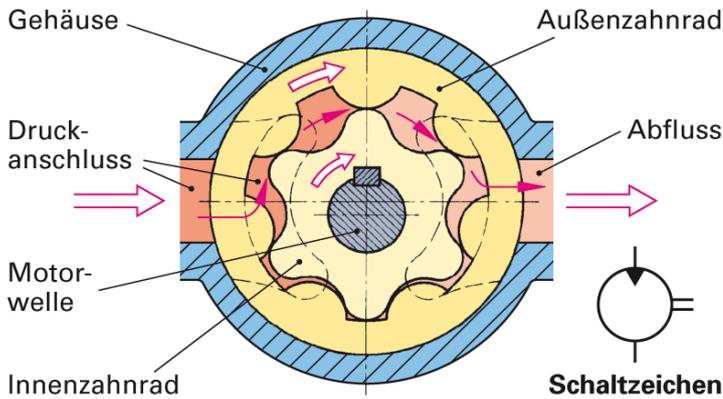


Abb. 30: Zahnring-Hydromotor

Hydrospeicher

In Hydrospeichern wird die Druckflüssigkeit gegen eine abgeschlossene Stickstoffmenge gedrückt und gespeichert.

Beim Laden des BlasenSpeichers drückt die in den Speicher strömende HF die Blase so lange zusammen, bis der Gasdruck in der Blase gleich dem Flüssigkeitsdruck ist. Sinkt der Druck in der Anschlussleitung des Speichers, dann drückt die Blase so viel Druckflüssigkeit in die Leitung zurück, bis im Speicher wieder Druckgleichgewicht herrscht.

In Membranspeichern trennt eine Membran, in Kolbenspeichern ein im Speicherzylinder frei beweglicher Kolben den Flüssigkeitsraum vom Gasraum.

Aufgaben der Hydrospeicher:

- Speichern von Druckflüssigkeit, solange die Zylinder und Hydromotoren nicht arbeiten.
- Abgabe zusätzlicher Druckflüssigkeit bei Eilgangbewegungen.
- Dämpfung von Schwingungen und Druckstößen.
- Ausgleich von Leckverlusten.
- Kurzzeitiger Ersatz einer ausgefallenen Pumpe für Notbetätigungen.

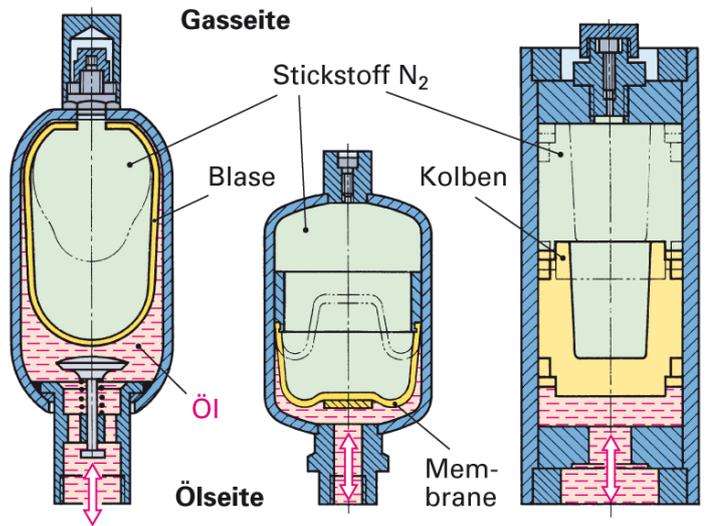


Abb. 31: Hydrospeicher

3.1.4 Ventile

Wegeventile

Meist als Längsschieberventile gebaut, bei denen der Steuerkolben axial verschoben wird.

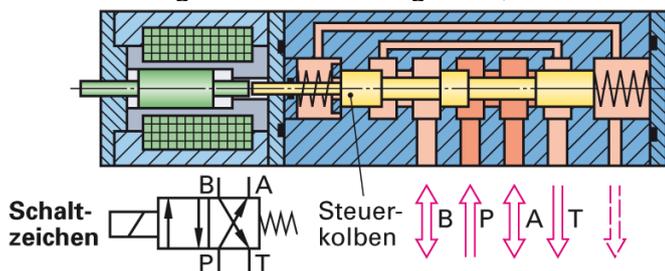


Abb. 32: 4/2-Wegeventil

Vorgesteuerte Wegeventile werden verwendet, um die notwendige elektrische Schaltleistung bei großen Längsschieberventilen zu reduzieren.

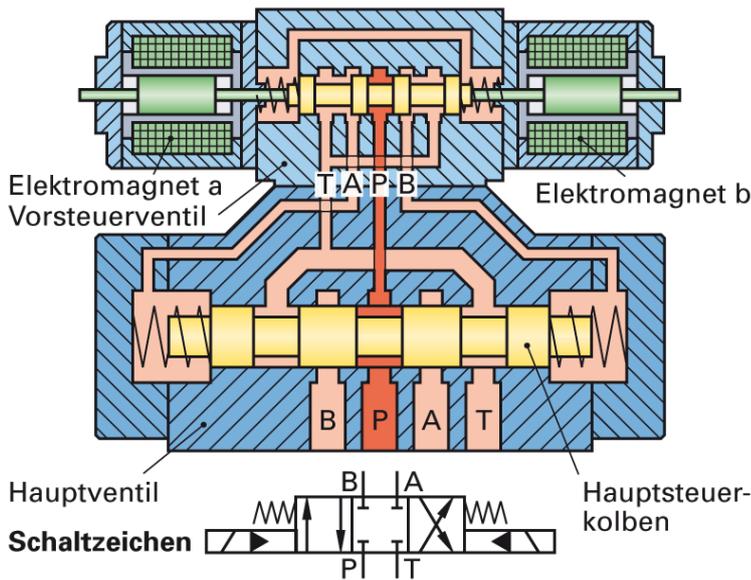


Abb. 33: Vorgesteuertes Wegeventil

Sperrventile

Bei entsperzbaren Rückschlagventilen kann die Sperrwirkung über den Steueranschluss aufgehoben werden. Der Steuerkolben drückt das Kegelsitzventil im Sperrventil auf, dadurch sinkt der Druck und der Steuerkolben kann den Sperrkörper öffnen.

Mit entsperzbaren Rückschlagventilen können Zylinder, die durch äußere Kräfte belastet sind, in jeder Stellung stillgesetzt werden.

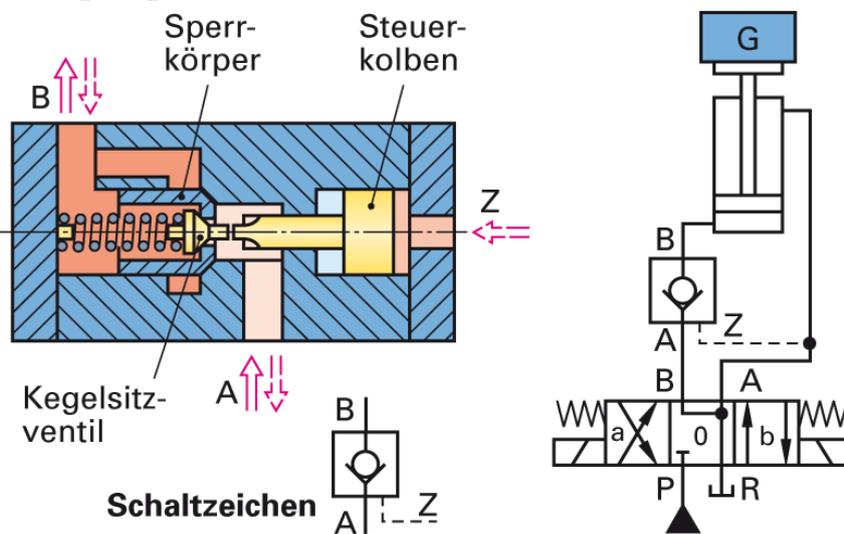


Abb. 34: Entsperbares Rückschlagventil

Druckventile

Man unterscheidet regelnde und schaltende Ventile.

Druckregelventile: **Druckbegrenzungs-, Druckmindererventile**

Druckschaltventile: **Druckzuschalt-, Druckabschaltventile**

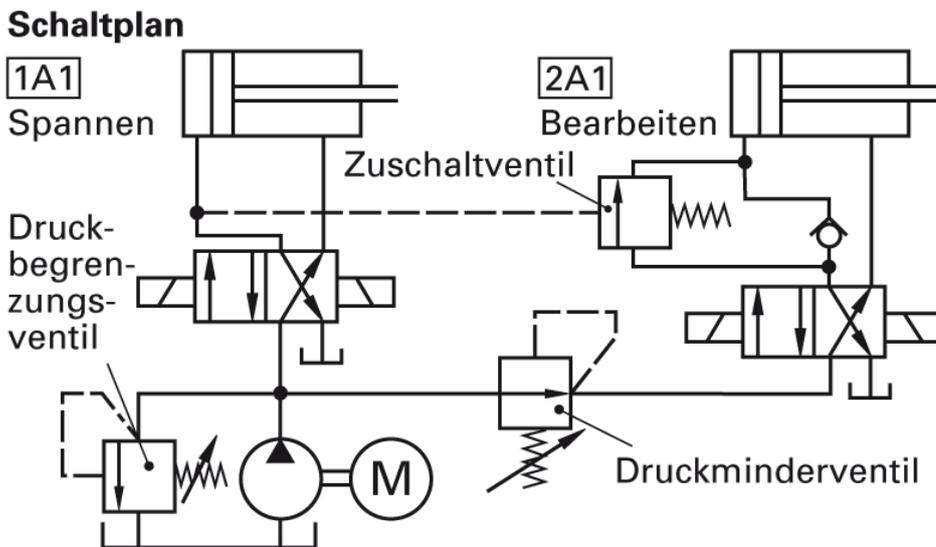
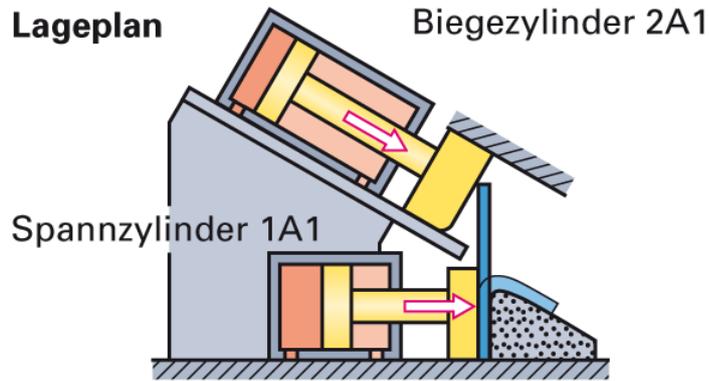


Abb. 35: Druckventile in der Steuerung einer hydraulischen Biegevorrichtung

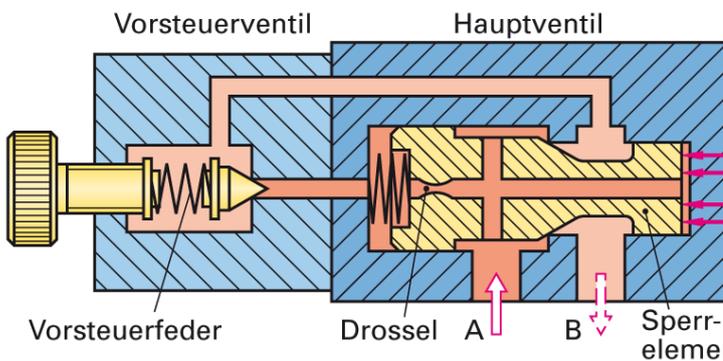


Abb. 36: Vorgesteuertes Druckventil

Stromventile

Ändern Volumenströme, z.B. um die Geschwindigkeit eines Zylinders oder die Drehzahl eines Hydromotors einzustellen. Man unterscheidet **Drossel-** und **Stromregelventile**.

Bei **Drosselventilen** hängt der Volumenstrom vom eingestellten Durchflussquerschnitt und von der Differenz der Drücke zwischen den Anschlüssen ab.

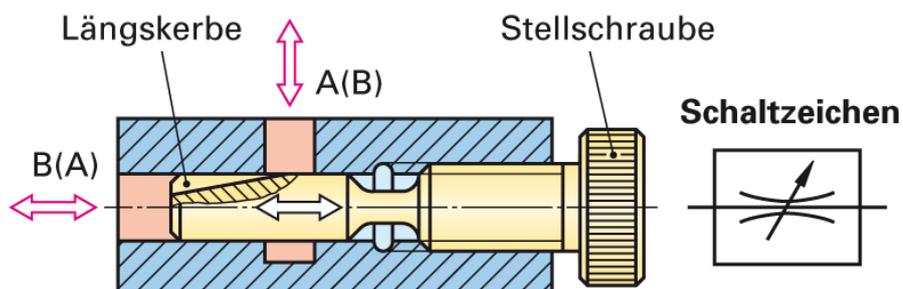


Abb. 37: Einstellbares Drosselventil

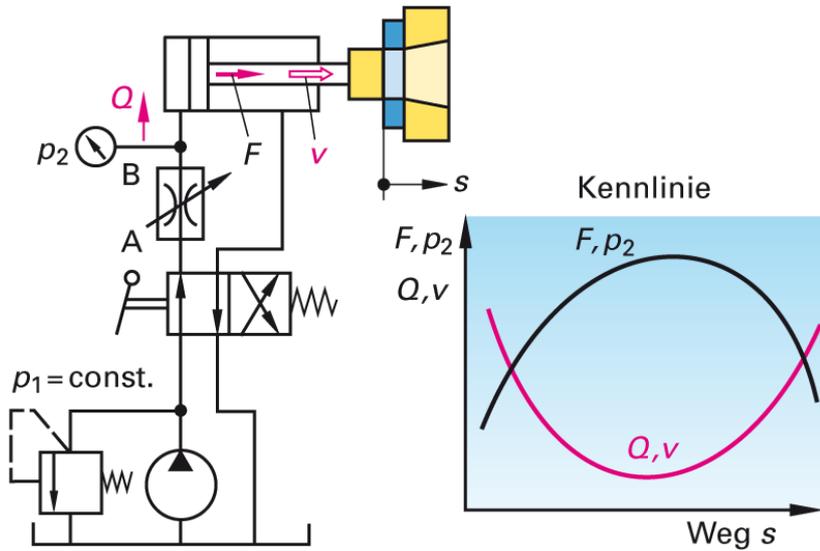


Abb. 38: Verhalten von Drosselventilen

Drosselventile werden nur eingesetzt, wenn sich die Belastung des Kolbens wenig ändert oder wenn die Änderung der Kolbengeschwindigkeit bei wechselnder Belastung in Kauf genommen werden kann.

Stromregelventile besitzen eine einstellbare Blende und einen Regelkolben. Sie halten die Druckdifferenz an der Blende unabhängig von den Drücken an den Anschlüssen und damit den durchfließenden Volumenstrom konstant.

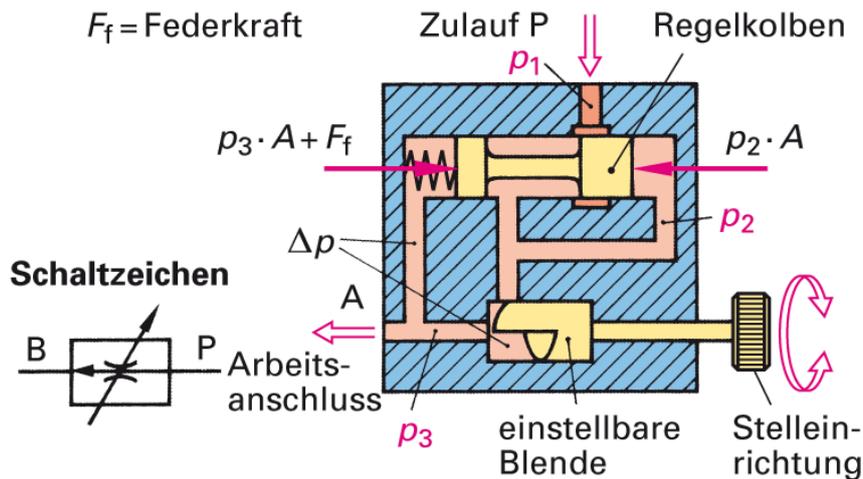


Abb. 39: Stromregelventil

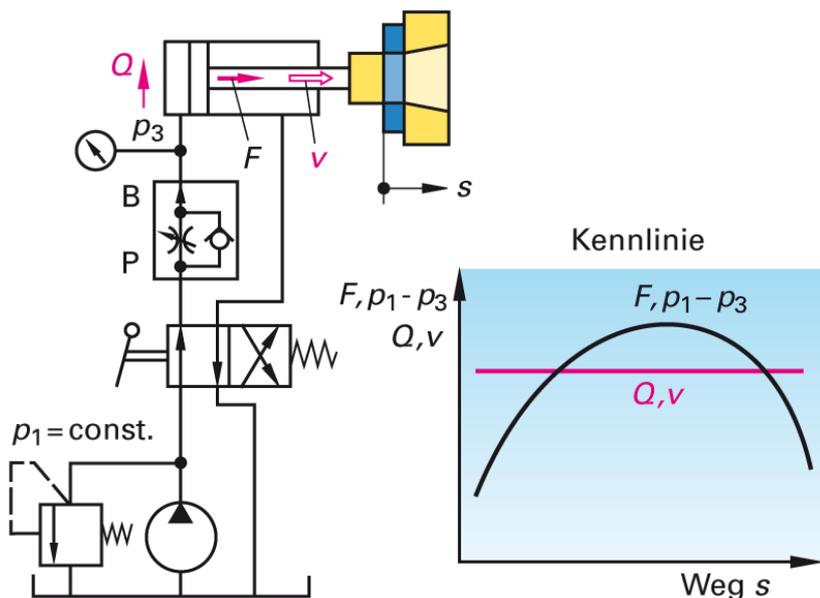


Abb. 40: Verhalten von Stromregelventilen

Proportionalventile

Als Proportionalventile bezeichnet man Wege-, Strom- und Druckventile, bei denen die Größe eines analogen oder digitalen elektrischen Eingangssignales ein entsprechendes proportionales hydraulisches Ausgangssignal bewirkt.

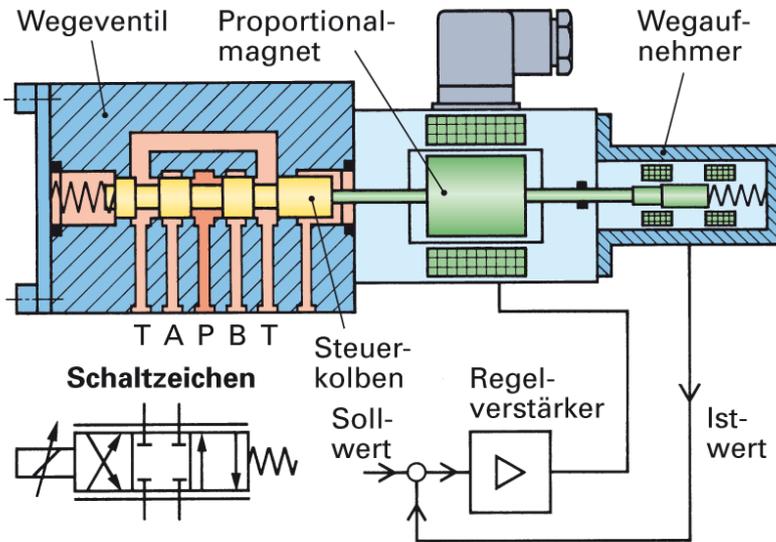


Abb. 41: Proportional-Wegeventil

3.1.5 Hydraulikleitungen

Rohre und Rohrverschraubungen

$d_a \cdot s$ mm · mm	d_i mm	p_{zul} bar	$Q^{1)}$ l/min
8 x 1 8 x 2	6 4	300 550	7 3
12 x 1 12 x 2	10 8	230 400	19 12
20 x 2 20 x 3	16 14	250 350	48 37
25 x 2 25 x 3	21 19	220 340	83 68

¹⁾ Bei der Strömungsgeschwindigkeit $v = 4 \text{ m/s}$

Als Verbindungselemente sind Schneidringverschraubungen, Einschraubverschraubungen, Schwenkverschraubungen und Drehverbindungen gebräuchlich.

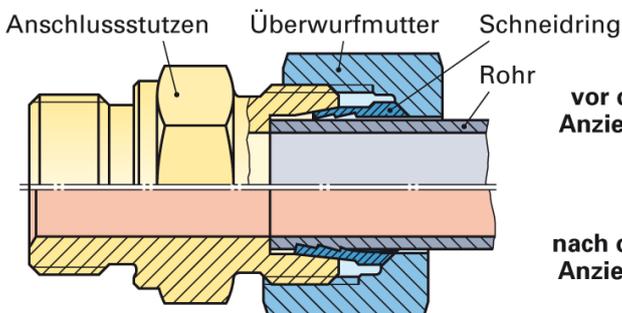


Abb. 42: Schneidringverschraubung

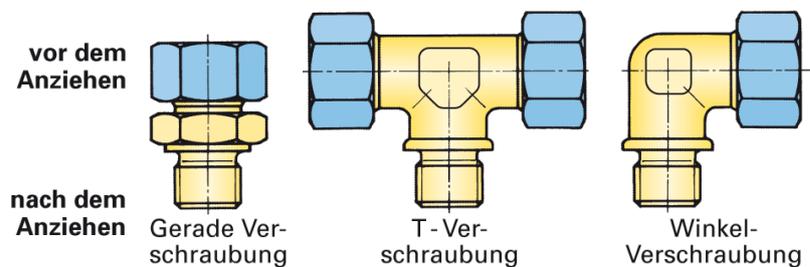


Abb. 43: Einschraub-Verschraubungen

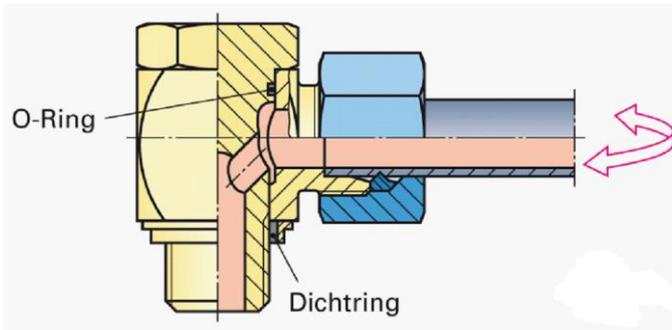


Abb. 44: Schwenkverschraubungen

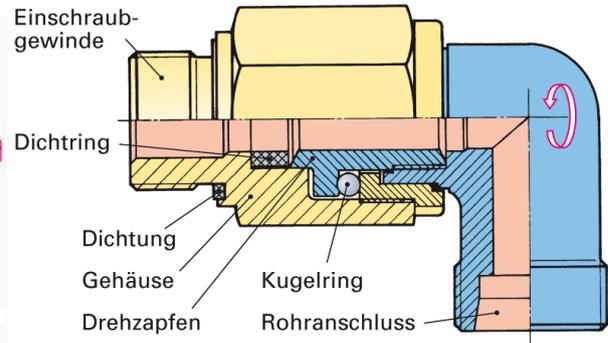


Abb. 45: Drehverbindung

Schnellverschlusskupplungen

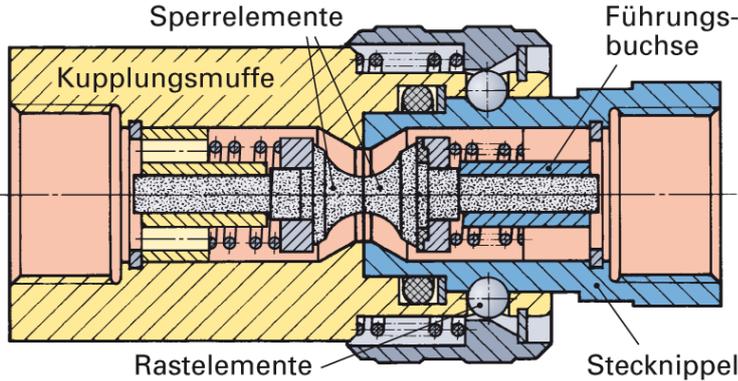


Abb. 46: Schnellverschlusskupplung, betätigt

Schlauchleitungen

Hydraulikelemente, die sich bewegen, müssen durch flexible Schlauchleitungen verbunden werden. Beim Verlegen muss auf genügend große Biegeradien und ausreichenden Bewegungsspielraum geachtet werden!

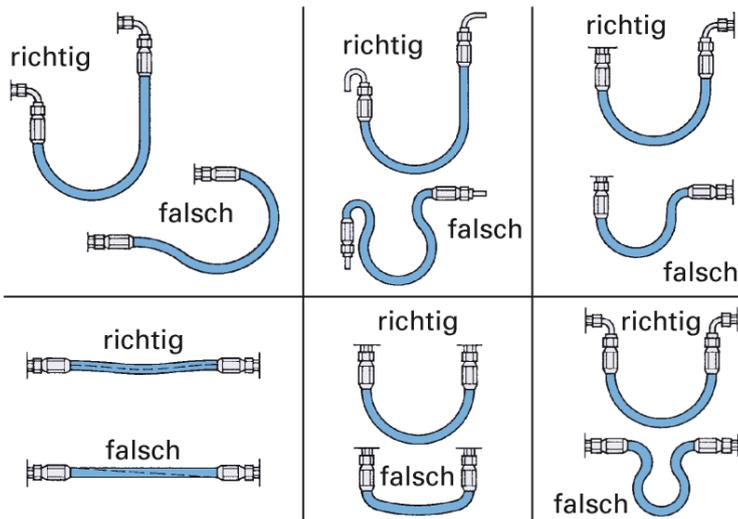


Abb. 47: Schlauchverbindungen

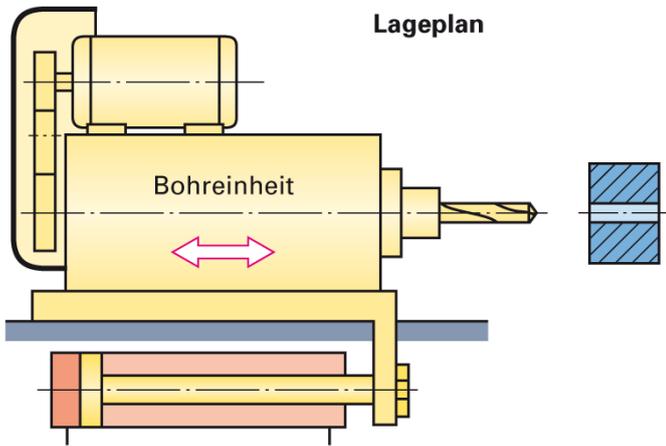
3.2 Elektrohydraulische Steuerungen

Als elektrohydraulische Steuerungen bezeichnet man hydraulische Steuerungen mit elektrisch betätigten Wegeventilen. Sie umfassen die Mehrzahl der Maschinensteuerungen.

Beispiel: Elektrohydraulische Steuerung einer Bohreinheit

Die Bohreinheit soll nach folgendem Bewegungsablauf gesteuert werden:

- Halten in der linken Ausgangsstellung
- Eilgang bis vor das Werkstück
- Bohren mit Vorschubgeschwindigkeit
- Rücklauf im Eilgang in die Ausgangsstellung.



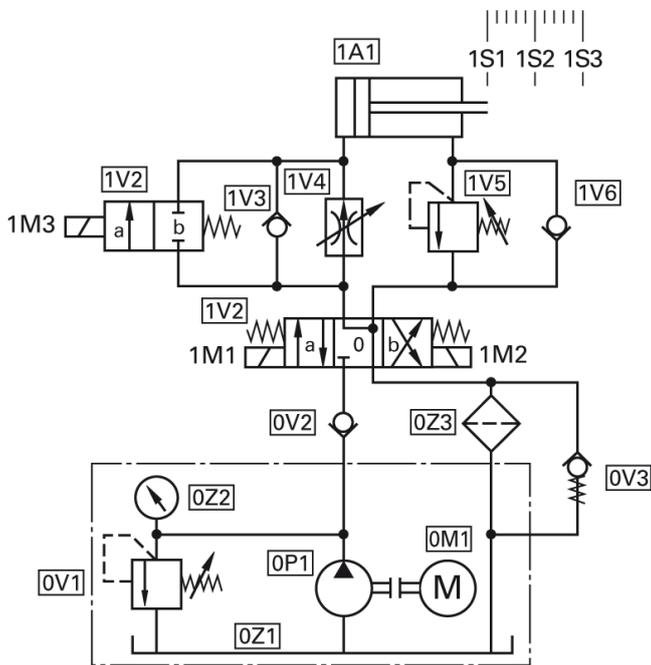
Funktions-Diagramm



Abb. 48: Lageplan und Funktionsdiagramm

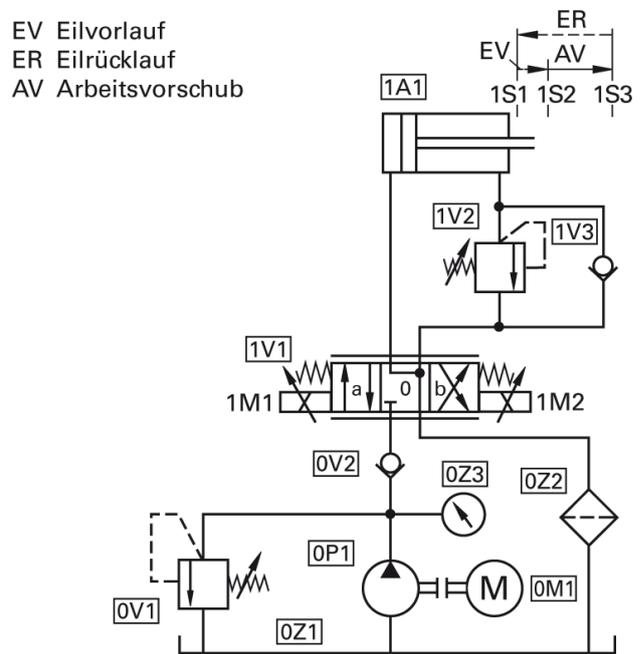
Die Steuerung kann mit einem Stromventil oder einem Proportionalventil verwirklicht werden. Bei der Steuerung mit Stromregelventil 1V4 dient dieses zum Einstellen der Vorschubgeschwindigkeit. Beim Eilvorlauf wird es über das 2/2-Wegeventil 1V2, beim Eilrücklauf über das Rückschlagventil 1V3 umgangen.

Bei der Steuerung mit Proportional-Wegeventil 1V1 werden alle Geschwindigkeiten mit diesem Ventil eingestellt. Beim Eilvor- und Eilrücklauf wird der Steuerkolben des Proportionalventils ganz durchgeschaltet. Die Endlagen werden gedämpft angefahren, wenn das Proportional-Wegeventil fast geschlossen ist.



Steuerung mit Stromregelventil

Abb. 49: Vergleich Steuerung mit Stromregel- und Proportionalventil



Steuerung mit Proportional-Wegeventil

4 Vergleich von Pneumatik und Hydraulik

Der Unterschied zwischen Pneumatik und Hydraulik liegt wesentlich in den Eigenschaften und im Verhalten der unterschiedlichen Medien, der gasförmigen Luft und dem flüssigen Hydrauliköl.

Das Medium überträgt die ihm im Verdichter oder in der Pumpe übertragene Energie zu den Arbeitsgeräten (Aktoren). Dabei haben beide Medien Vor- und Nachteile.

Pneumatik Medium: Gas (Luft)

Vorteile:

- Luft steht überall zur Verfügung.
- Es kann auf Rückleitungen verzichtet werden.
- Luft erlaubt hohe Strömungsgeschwindigkeiten.
- Druckluft kann gut in Behältern gespeichert werden.
- Leckverluste verschmutzen nicht.
- Leichte Montage mit Steckverschlüssen und Schläuchen.

Nachteile:

- Luft muss aufbereitet werden.
- Leckverluste bedeuten Energieverluste (Kosten).
- Über 6 bar Druck ist eine sicherheitstechnische Überwachung vorgeschrieben.
- Größere Kräfte benötigen große Zylinderdurchmesser.

Hydraulik Medium: Flüssigkeit (Öl)

Vorteile:

- Geringe Zusammendrückbarkeit von Öl.
- Extrem hohe Drücke zur Erzeugung großer Kräfte bei kleinen Zylinderabmessungen.
- Keine Explosionsgefahr der Anlagen.
- Unterschiedliche Arbeitswiderstände beeinflussen nicht die Arbeitsgeschwindigkeit.

Nachteile:

- Hydrauliköl ist teuer.
- Rückleitungen sind erforderlich.
- Leckverluste verschmutzen die Umwelt.
- Geringe Strömungsgeschwindigkeiten, die außerdem temperaturabhängig sind.

Aus den Vor- und Nachteilen der Medien lassen sich bevorzugte Anwendungsgebiete ableiten.

Pneumatik

1. Wo viele Arbeitsfunktionen mit kleiner Kraft schnell und gut steuerbar ausgeführt werden sollen, z.B. automatisch arbeitende Maschinen.
2. Wo die beschriebenen Maschinen schnell umrüstbar sein müssen für anders dimensionierte Gegenstände, z.B. Verleim- und Montieranlagen bei der Möbelherstellung.
3. Wo außerordentliche Sauberkeit geboten ist, z.B. in der Lebensmittel- oder Arzneimittellindustrie.

Hydraulik

1. Wo große Kräfte benötigt werden, z.B. an Pressen.
2. Wo die Arbeitsgeschwindigkeit von wechselnden Arbeitswiderständen unabhängig sein muss, z.B. bei Vorschub- und Zerspanungsbewegungen an Werkzeugmaschinen.
3. Wo Kolbenwege der Zylinder und Drehzahlen der Hydromotoren feinfühlig und genau gesteuert werden müssen, z.B. bei Kopiereinrichtungen.