

Unter Pneumatik versteht man die Lehre vom Verhalten der Gase, insbesondere der Luft. In der Technik umfasst die Pneumatik vor allem die Erzeugung der Druckluft und ihre Nutzung zur Steuerung und zum Antrieb von Maschinen. Pneumatische Steuerungen werden z.B. in Türschließanlagen von Schienenfahrzeugen und Kraftfahrzeugen, bei Verpackungsmaschinen, in Handhabungssystemen und in Montagewerkzeugen eingesetzt.

8.3.1 Baugruppen pneumatischer Anlagen

Pneumatikanlagen können in drei Baugruppen gegliedert werden (**Bild 1**).

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

Pneumatikanlagen und ihre Bauelemente werden bildlich oder mit Schaltplänen dargestellt. Bei den Schaltplänen werden dazu international genormte Symbole verwendet. Sie vereinfachen den Entwurf, das Verstehen der Funktion, die Montage und die Fehlersuche bei pneumatischen Steuerungen wesentlich und sind weltweit verständlich.

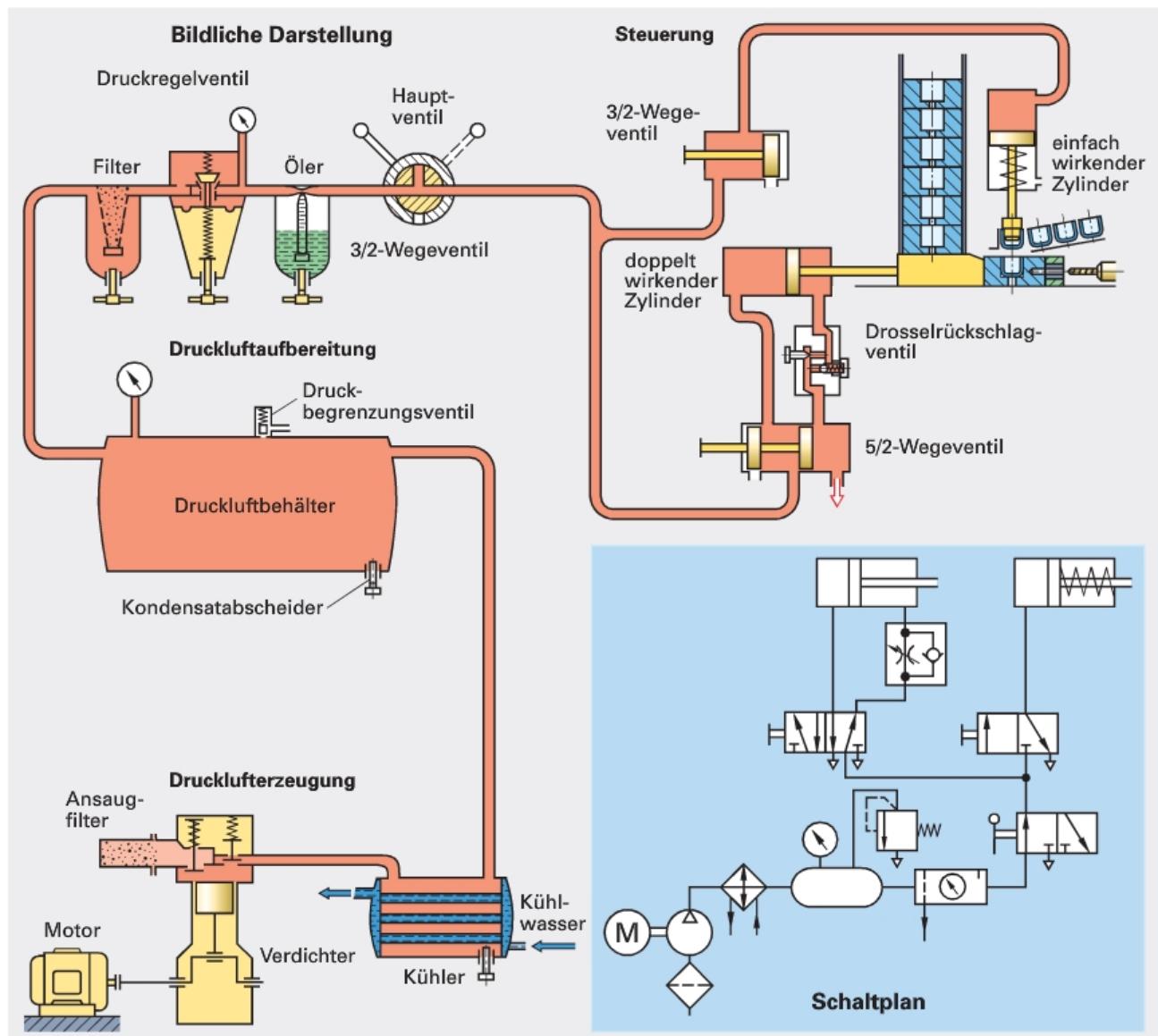


Bild 1: Bildliche Darstellung und Schaltplan einer Pneumatikanlage

8.3.2 Bauelemente der Pneumatik

8.3.2.1 Druckluftanlage

■ Druckeinheiten und Druckarten

Drückt ein Kolben der Fläche A mit der Kraft F auf eine eingeschlossene Luftmenge, entsteht dort der Überdruck p_e (Bild 1).

Druck

$$p_e = \frac{F}{A}$$

Die Einheiten des Druckes sind das Pascal (Pa) und das Bar (bar):

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,00001 \text{ bar}; \quad 1 \text{ bar} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Beispiel: Zylinder (Bild 1) mit $F = 4 \text{ kN}$, $A = 78,5 \text{ cm}^2$. Welcher Überdruck p_e entsteht?

$$\text{Lösung: } p_e = \frac{F}{A} = \frac{4000 \text{ N}}{78,5 \text{ cm}^2} = 51 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 5,1 \text{ bar}$$

Der Überdruck p_e ist die Differenz zwischen dem absoluten Druck p_{abs} und dem herrschenden Luftdruck p_{amb} . Er kann positiv oder negativ sein (Bild 2). Der negative Überdruck wird oft als „Unterdruck“ bezeichnet.

Überdruck

$$p_e = p_{abs} - p_{amb}$$

Beispiel: Eine pneumatische Presse wird mit einem absoluten Druck von $p_{abs} = 7 \text{ bar}$ betrieben (Bild 3). Bei einem Luftdruck $p_{amb} = 1 \text{ bar}$ stehen für die Presskraft somit $p_e = p_{abs} - p_{amb} = 7 \text{ bar} - 1 \text{ bar} = 6 \text{ bar}$ zur Verfügung. Manometer zeigen meist den Überdruck an.

■ Erzeugen der Druckluft

Druckluft wird mit Kolbenverdichtern, Membranverdichtern oder Schraubenverdichtern erzeugt (Bild 4). Sie saugen Luft durch das Ansaugfilter an, verdichten sie und drücken sie über den Kühler in den Druckluftbehälter (Bild 1, folgende Seite).

Die sich beim Verdichten erwärmende Luft wird im Kühler gekühlt. Das entstehende Kondenswasser wird abgeschieden. Druckluft mit sehr geringer Restfeuchtigkeit erhält man durch Abkühlen der Druckluft auf 4°C (Kältetrocknung).

Ist der maximale Druck im Druckluftbehälter erreicht, wird die Zufuhr weiterer Druckluft ausgesetzt. Dazu wird der Antriebsmotor des Verdichters stillgesetzt (Aussetzregelung) oder es werden die Ansaugventile offen gehalten, während der Antriebsmotor weiterläuft (Entlastungsregelung).

Aufgaben der Druckluftbehälter

- Speichern und Kühlung der Druckluft
- Abscheiden restlicher Luftfeuchtigkeit
- Ausgleich von Druckschwankungen

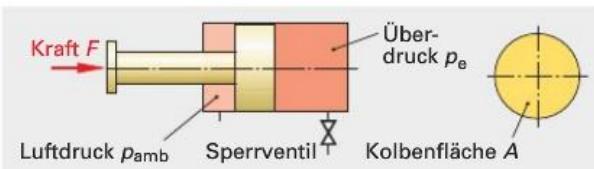


Bild 1: Entstehung des Druckes

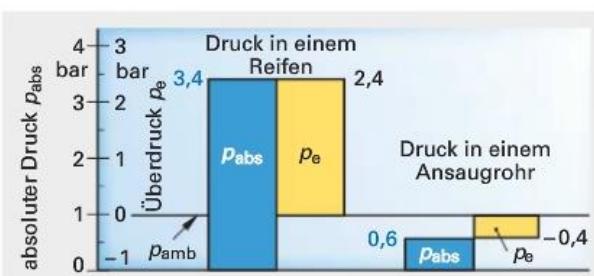


Bild 2: Absoluter Druck und Überdruck

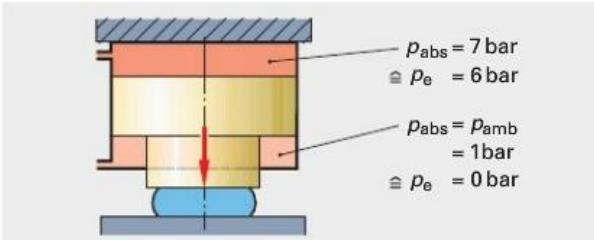


Bild 3: Drücke bei einer pneumatischen Presse

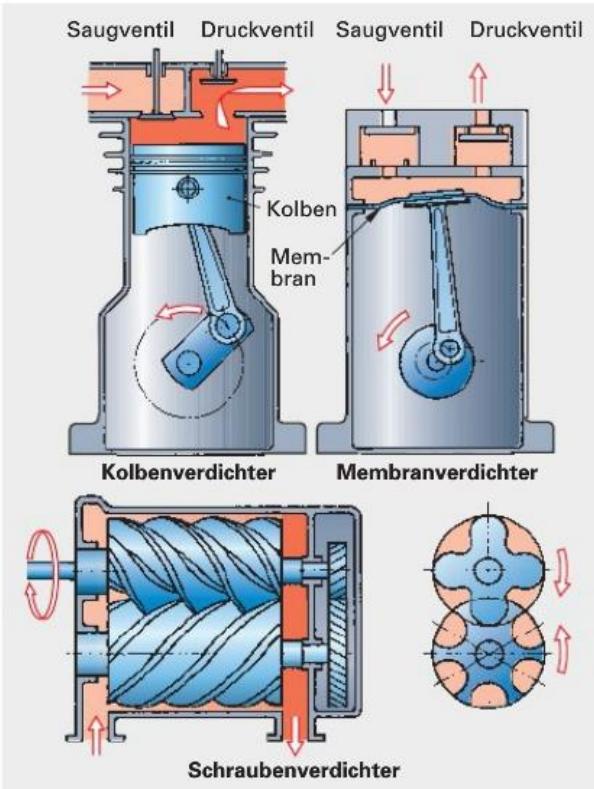


Bild 4: Bauarten von Verdichtern

Verteilung und Aufbereitung der Druckluft

Die Druckluft wird vom Druckbehälter über Rohrleitungen den Entnahmestellen zugeführt (**Bild 1**).

Forderungen an das Druckluftnetz

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

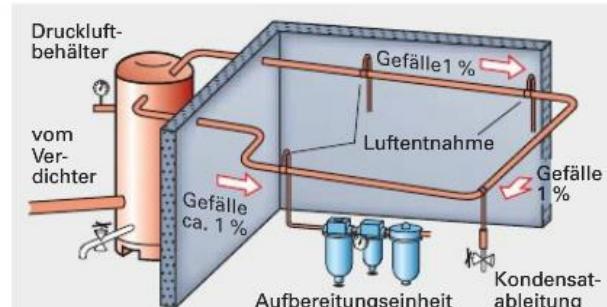


Bild 1: Druckluftverteilung

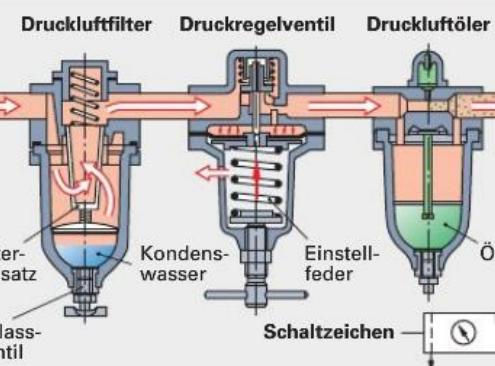


Bild 2: Aufbereitungseinheit

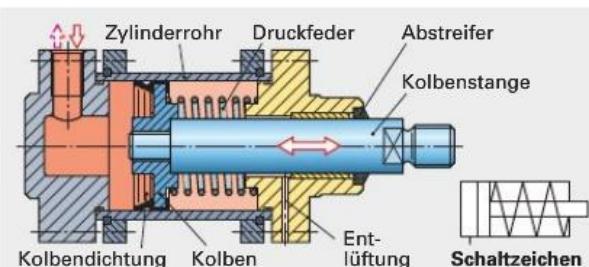


Bild 3: Einfachwirkender Zylinder

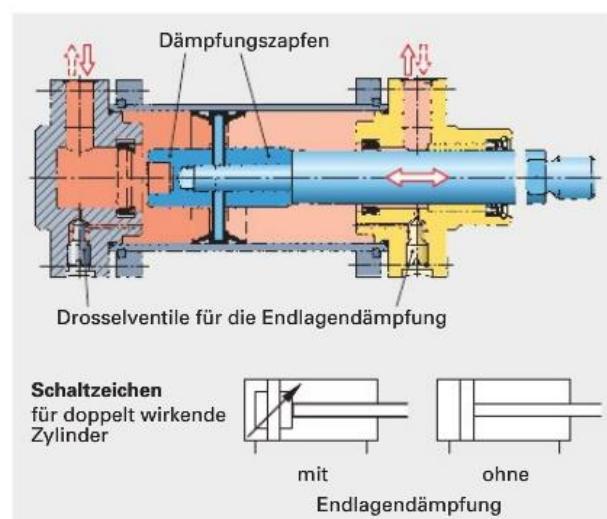


Bild 4: Doppeltwirkender Zylinder mit beidseitiger einstellbarer Endlagendämpfung

Druckluftzylinder werden, wie alle pneumatischen Bauelemente, in den Schaltplänen durch Schaltzeichen dargestellt (**Bilder 3 und 4, vorherige Seite**). Die Endlagen der Kolben können auch berührungslos abgetastet werden. Dazu haben die Kolben einen ringförmigen Dauermagneten und auf dem Zylinderrohr sitzen berührungslos betätigte Schalter (**Bild 3, Seite 515**). Fährt der Kolben unter diese Schalter, wird ein Kontakt geschlossen und ein elektrisches Signal ausgelöst. Der Schaltzustand der Kontakte wird durch eine Diode angezeigt.

Kolbenstangenlose Zylinder

Pneumatikzylinder werden mit Kolbenstangen oder kolbenstangenlos hergestellt.

Kolbenstangenlose Zylinder benötigen weniger Platz als Zylinder mit Kolbenstange (**Bild 1**). Beim kolbenstangenlosen Zylinder mit direktem Antrieb wird der Kolben über eine Kraftbrücke durch das geschlitzte Zylinderrohr mit dem Mitnehmer verbunden (**Bild 2**). Der Schlitz im Zylinderrohr wird innen durch ein Stahlband abgedichtet und durch ein zweites Band von außen vor Verschmutzung geschützt. Bei anderen Bauarten wird ein Seil oder Band am Kolben befestigt, das durch die Zylinderdeckel geführt und umgelenkt wird (**Bild 2**). Der Mitnehmer wird bei allen Bauarten auch als Laufschlitten ausgeführt, der auf dem Zylinderrohr läuft und durch Kräfte belastet werden kann.

Kolbenkräfte bei Zylindern

Die wirksame Kolbenkraft F erhält man als Differenz zwischen der theoretischen Kolbenkraft $F_{th} = p_e \cdot A$ und den Reibungskräften F_R , die am Kolben und an der Kolbenstangenführung wirken (**Bild 3**).

Die Reibungskräfte werden durch den Wirkungsgrad η des Zylinders berücksichtigt.

Wirksame Kolbenkraft

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

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

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

Die wirksame Kolbenkraft bei Zylindern mit einseitiger Kolbenstange ist beim Einfahren kleiner als beim Ausfahren, weil die wirksame Kolbenfläche um die Fläche der Kolbenstange geringer ist.

Beispiel: Pneumatikzylinder (**Bild 4**)

Wirksame Kolbenkraft beim Ausfahren:

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

$$= 60 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{\pi \cdot (10 \text{ cm})^2}{4} \cdot 0,90 = 4241 \text{ N}$$

Wirksame Kolbenkraft beim Einfahren:

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

$$= 60 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{\pi \cdot (10^2 - 2,5^2) \text{ cm}^2}{4} \cdot 0,85 = 3755 \text{ N}$$

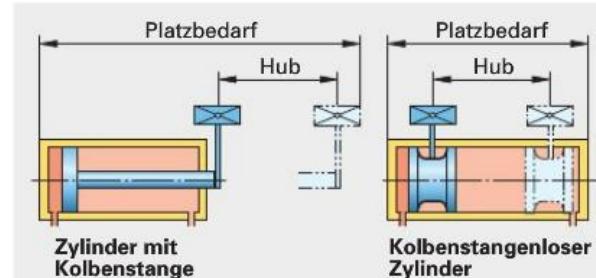


Bild 1: Platzbedarf von Zylindern

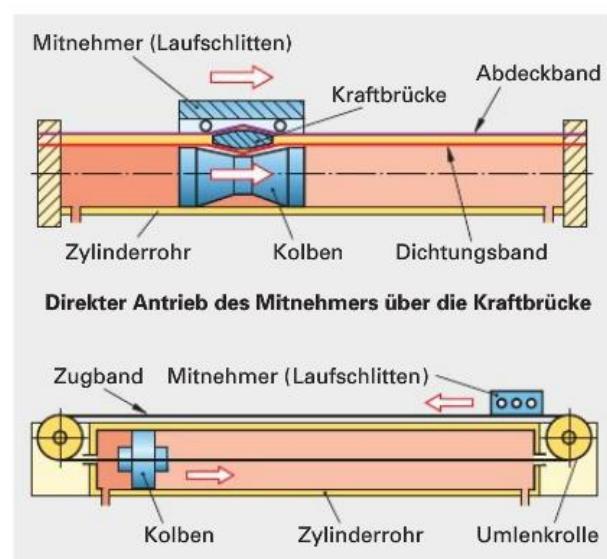


Bild 2: Bauarten kolbenstangenloser Zylinder

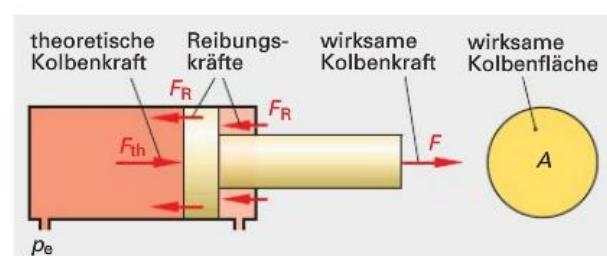


Bild 3: Kolbenkräfte bei Zylindern

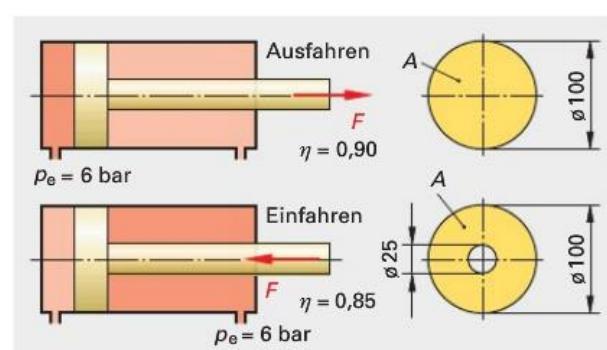


Bild 4: Kolbenkräfte beim Ausfahren und Einfahren

■ Druckluftmotoren

Druckluftmotoren treiben Schrauber, Handschleifgeräte, Hebezeuge und andere Maschinen mit drehender Arbeitsbewegung an. Sie werden als **Lamellen-, Kolben- und Zahnradmotoren** gebaut.

Druckluft-Lamellenmotoren bestehen aus dem Gehäuse mit zylindrischer Bohrung und dem Rotor mit den Lamellen, die den sichelförmigen Arbeitsraum in mehrere Druckkammern unterteilen (**Bild 1**). Die durch die Druckluftzuführung einströmende Druckluft dreht den exzentrisch gelagerten Rotor über die in Schlitten radial verschiebbaren Lamellen. Da sich die Druckkammern bei der Drehung vergrößern, entspannt sich die Druckluft und strömt dann durch den Auslass ins Freie. Das abgegebene Drehmoment des Motors hängt vom Druck der Luft und von der beaufschlagten Fläche der Lamellen ab. Druckluftmotoren für zwei Drehrichtungen besitzen zwei Druckluftanschlüsse, die je nach der gewünschten Drehrichtung des Motors abwechselnd über ein 4/2-Wegeventil mit Druckluft versorgt werden.

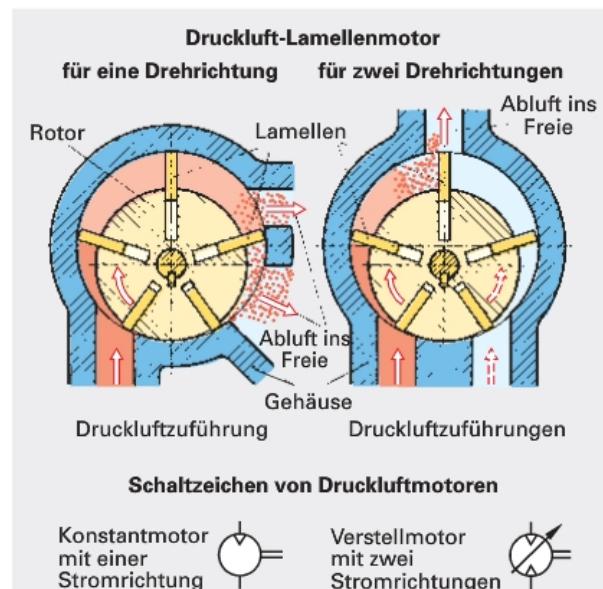


Bild 1: Druckluft-Lamellenmotor

■ Beispiel für die Anwendung pneumatischer Arbeitselemente

In der automatischen Montage- und Bearbeitungsmaschine (**Bild 2**) werden durch den doppeltwirkenden **Zylinder 1A1** Gehäuse aus einem Fallmagazin gegen einen Anschlag geschoben und gespannt. Anschließend werden Buchsen, die von einem Schwingförderer zugeführt werden, durch den einfachwirkenden **Zylinder 2A1** eingepresst. Danach wird mit einer Bohrvorschubspindel die fehlende seitliche Bohrung gebohrt. Die Vorschubbewegung der Spindel erfolgt durch einen doppeltwirkenden **Pneumatikzylinder 3A1**, der Drehantrieb durch einen Druckluft-Lamellenmotor. Der waagrechte **Zylinder 4A1**, der hinter der Spannstelle liegt, schiebt das fertige Werkstück aus der Maschine. Der Ablauf der Bewegungen kann in einem GRAFCET dargestellt werden (Seite 501).

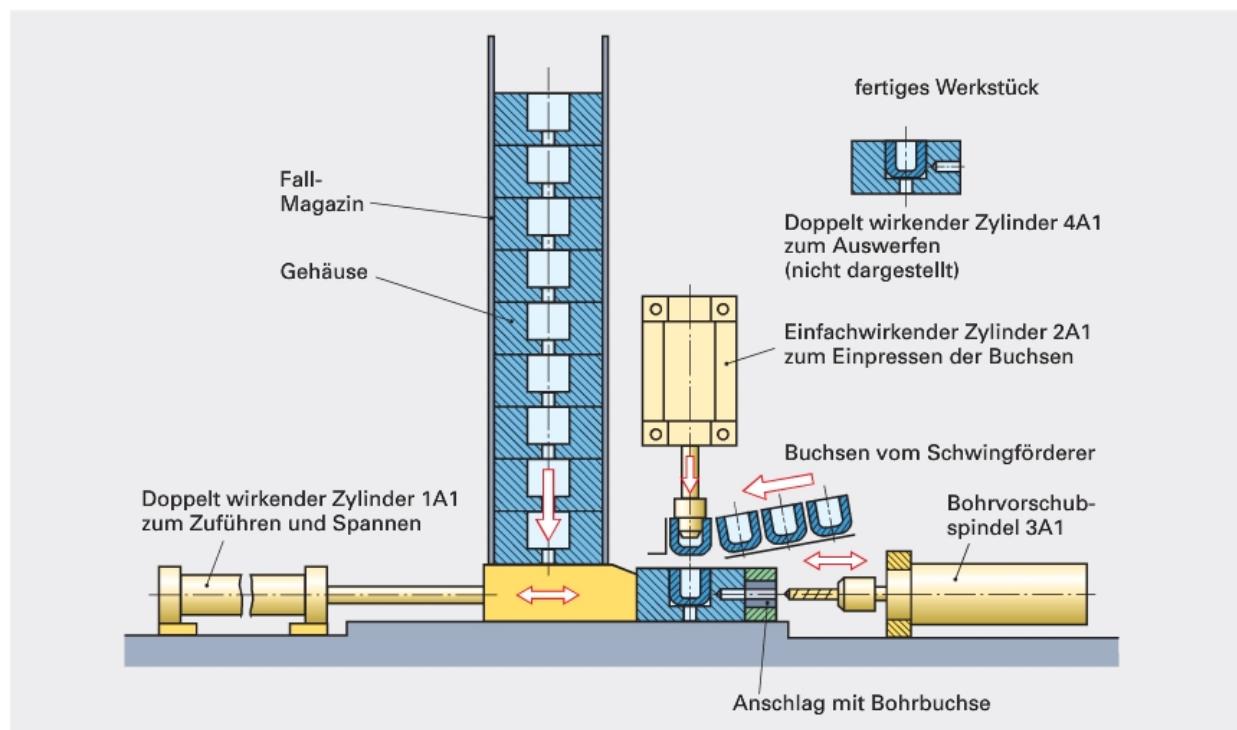


Bild 2: Automatische Montage- und Bearbeitungsmaschine

8.3.2.3 Ventile

Bei den Ventilen unterscheidet man nach der Funktion Wege-, Sperr-, Strom- und Druckventile.

Wegeventile

Wegeventile bestimmen Start, Stopp und Durchflussrichtung der Druckluft. Mit ihnen werden deshalb die Bewegungen von Zylindern und Druckluftmotoren sowie die Schaltstellungen anderer Wegeventile gesteuert.

Funktion (Bild 1). Die unterschiedlichen Verbindungen (Wege) zwischen den Anschlüssen eines Wegeventils werden durch Verschieben des Steuerkolbens hergestellt. In der Schaltstellung a wird die Druckluft vom Druckanschluss 1 zur linken Arbeitsleitung 4 geleitet. Der Kolben des Zylinders fährt aus. Die vom Kolben im rechten Zylinder Raum verdrängte Luft entweicht über die Arbeitsleitung 2 des Wegeventils zur Entlüftung 3.

In der Schaltstellung b des Wegeventils strömt die Druckluft von 1 nach 2 und von dort in den rechten Zylinder Raum. Die aus dem linken Zylinder Raum verdrängte Luft entweicht von 4 nach 5. Der Kolben fährt ein.

Bezeichnung. Wegeventile werden nach der Anzahl ihrer Anschlüsse und nach der Anzahl ihrer Schaltstellen bezeichnet. Das in Bild 1 gezeigte Wegeventil hat 5 Anschlüsse (1, 2, 3, 4, 5) und 2 Schaltstellungen (a und b). Es ist demnach ein 5/2-Wegeventil.

Schaltzeichen. Wegeventile werden durch genormte Schaltzeichen dargestellt (Bild 2). Diese bestehen aus aneinander gefügten Rechtecken, den Anschlüssen und den Betätigungen. Jedes Rechteck stellt eine Schaltstellung dar. Die Anschlussleitungen gehen von dem Rechteck aus, das die Ruhestellung symbolisiert.

Betätigungsarten. Wegeventile können von Hand, mit dem Fuß, mechanisch, elektromagnetisch, durch Druck oder durch Kombination von zwei Betätigungsarten geschaltet werden (Bild 3). Die Symbole der Betätigungen werden links und rechts an die Rechtecke des Schaltzeichens gezeichnet. Die linke Betätigung bewirkt die linke Schaltstellung, die rechte Betätigung die rechte Schaltstellung des Wegeventils (Bild 2).

Bezeichnung der Anschlüsse. Bei pneumatischen Wegeventilen werden der Druckanschluss, die Entlüftungsanschlüsse und die Anschlüsse der Arbeitsleitungen mit Zahlen (Bild 1), die Anschlüsse hydraulischer Wegeventile dagegen mit Buchstaben bezeichnet (Bilder 2 und 3, Seite 531).

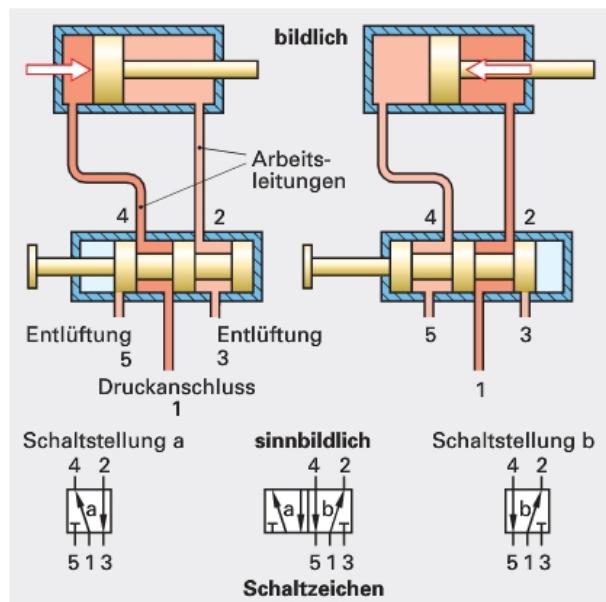


Bild 1: Darstellung von Wegeventilen



Bild 2: Schaltzeichen von Wegeventilen

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

Bild 3: Betätigungsarten von Ventilen

Direkte Steuerung mit Wegeventilen. In nicht automatisierten Maschinen wird die Bewegung pneumatischer Zylinder und Motoren durch hand- oder pedalbetätigtes Ventile „direkt“ ausgelöst. Bei einem Druckluftschrauber z. B. sitzt das 3/2-Wegeventil im Gehäuse und wird durch die Drucktaste geöffnet und geschlossen (**Bild 1**). In der Schaltstellung „a“ erhält der Druckluftmotor Luft. Die Schraubspindel dreht sich. Wird der Handhebel des Ventils losgelassen, drückt die Feder das Ventil in die Stellung „b“. Die Luftpuff zu dem Motor wird gesperrt.



Bild 1: Direkte Steuerung eines Druckluftmotors

Indirekte Steuerung mit Wegeventilen. Müssen die Bewegungen von Zylindern selbsttätig erfolgen, werden die Wegeventile zur Steuerung der Zylinder nicht mehr von Hand betätigt. Die Umsteuerung erfolgt durch Signale weiterer Wegeventile oder Sensoren. Der Zylinder zum Einpressen von Stiften z. B. fährt von selbst zurück, wenn er in der vorderen Endlage das 3/2-Wegeventil 1S2 betätigt (**Bild 2**).

■ Sperrventile

Sperrventile verhindern den Durchfluss der Luft in einer Richtung.

Das Sperrelement wird von der Druckluft so verschoben, dass immer ein Anschluss nach außen gesperrt wird.

Rückschlagventile lassen die Luft von A nach B durchströmen, sperren aber den Durchfluss in der Sperrrichtung von B nach A (**Bild 3**).

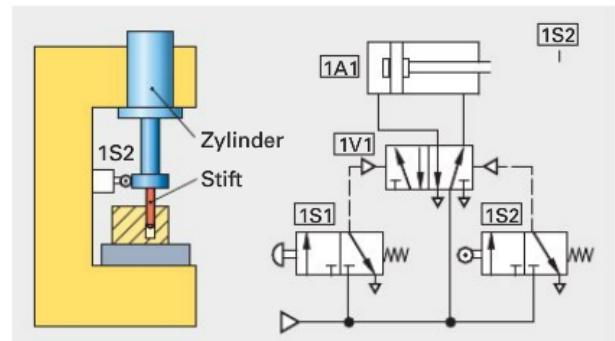


Bild 2: Indirekte Steuerung eines Druckluftzylinders

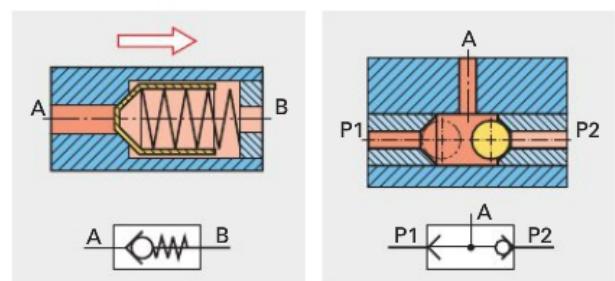


Bild 3: Rückschlagventil

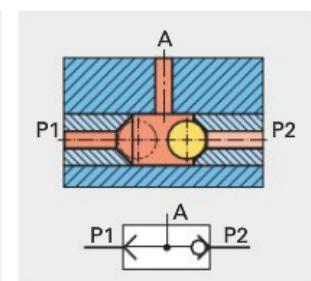


Bild 4: Wechselventil

Wechselventile besitzen zwei wechselseitig sperrbare Anschlüsse P1 und P2 sowie einen Ausgang A (**Bild 4**). Wird entweder der Eingang P1 **oder** der Eingang P2 mit Druckluft beaufschlagt, sperrt das Sperrelement den nicht beaufschlagten Eingang ab und die Druckluft gelangt zum Anschluss A. Ein Wechselventil wirkt als logische **ODER-Verknüpfung**.

Mit Wechselventilen kann z. B. ein doppeltwirkender Zylinder von zwei räumlich getrennten Stellen aus gesteuert werden (**Bild 5**). Der kolbenstangenlose Zylinder 1A1 betätigt die Schiebetür zum Arbeitsraum einer Drehmaschine. Mit den beiden Wegeventilen 1S1 **oder** 1S2 wird das Ventil 1V3 in die Stellung „a“ geschaltet und die Schiebetür damit geöffnet. Mit den Ventilen 1S3 **oder** 1S4 wird sie wieder geschlossen.

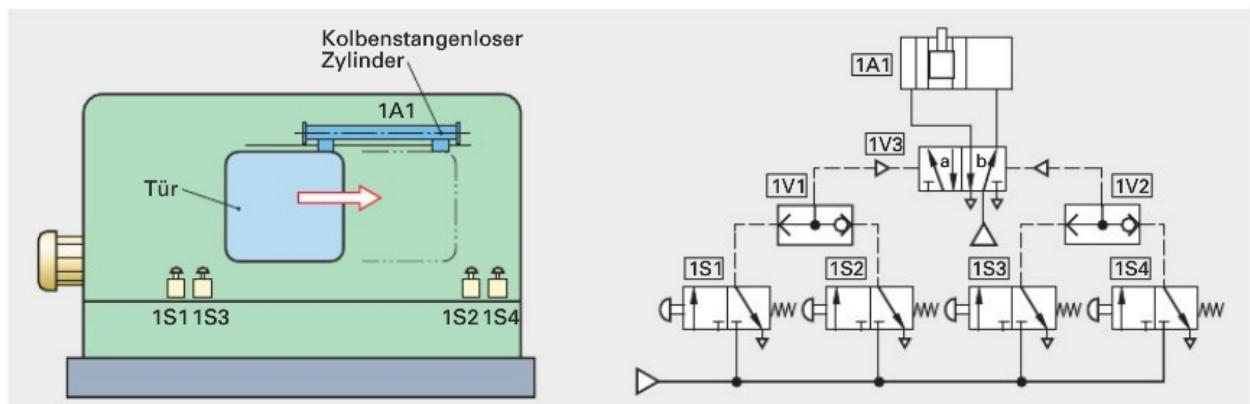


Bild 5: Steuerung einer Schiebetür von zwei Stellen aus

Schnellentlüftungsventile werden direkt an den Zylinder angebaut. Sie leiten die aus dem Zylinder beim Rückhub ausströmende Luft nicht über das Wegeventil zurück, sondern unmittelbar ins Freie (**Bild 1**). Durch den kürzeren Weg werden der Strömungswiderstand der Abluft verringert und die Rücklaufgeschwindigkeit des Kolbens erhöht.

Schnellentlüftungsventile werden z. B. an pneumatisch betätigten Kupplungen angebaut, die sehr schnell schalten sollen.

Zweidruckventile besitzen zwei Eingänge P1 und P2 sowie einen Ausgang A (**Bild 2**). Wird nur einer der beiden Eingänge mit Druckluft beaufschlagt, sperrt das Sperrelement die Verbindung zum Ausgang A. Erst wenn an den Eingängen P1 **und** P2 Druckluft ansteht, ist Durchfluss zum Ausgang A möglich. Zweidruckventile verknüpfen somit zwei Eingangssignale zu einem Ausgangssignal (**UND-Verknüpfung**).

Sie werden z. B. bei Steuerungen mit Zweihandbedienung und Sicherheitsschaltungen (**Bild 3**) eingesetzt. Der Zylinder 1A1 der Presse fährt erst aus, wenn das Schutzgitter beim Schließen das Wegeventil 1S3 betätigt **und** das Startventil 1S1 gedrückt wird. Bei Zweihandsteuerungen an unfallgefährlichen Maschinen müssen die beiden mit den Händen ausgelösten Signale gleichzeitig erfolgen und vor jedem neuen Hub des Zylinders ganz gelöscht sein.

■ Stromventile

Mit Stromventilen wird die Größe des durch eine Leitung fließenden Druckluftstromes eingestellt. Es gibt Drosselventile und Drosselrückschlagventile. Sie können in die zum Zylinder führende Leitung (Zuluftdrosselung) oder in die vom Zylinder kommende Leitung (Abluftdrosselung) eingebaut werden.

Drosselventile haben eine konstante oder eine einstellbare Engstelle (Drossel), welche den Durchfluss der Luftmenge beeinflusst (**Bild 4**).

Drosselrückschlagventile werden von der Druckluft in einer Richtung frei durchströmt, während der Durchfluss in der Gegenrichtung gedrosselt wird (**Bild 5**). Das Drosselrückschlagventil wird meist in die Arbeitsleitung auf der Kolbenstangenseite eingebaut, wenn die Ausfahrgeschwindigkeit des Kolbens eingestellt werden soll (**Abluftdrosselung**). Durch den Strömungswiderstand des Drosselrückschlagventils baut sich ein Gegendruck auf. Der Kolben wird „eingespannt“ und fährt dadurch gleichmäßiger aus.

So können z. B. bei dem pneumatischen Greifer eines Roboters die Schließ- und die Öffnungs geschwindigkeit mit den eingeschraubten Drosselventilen eingestellt werden (**Bild 6**).

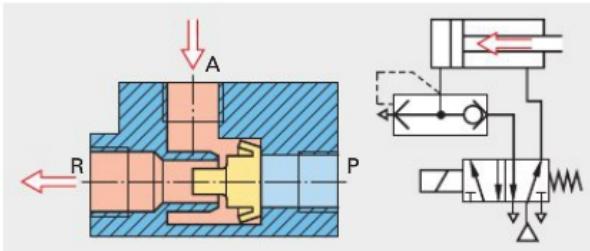


Bild 1: Schnellentlüftungsventil

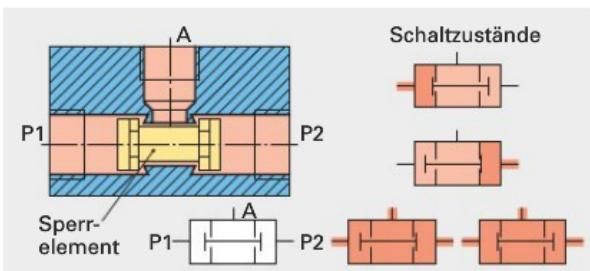


Bild 2: Zweidruckventil

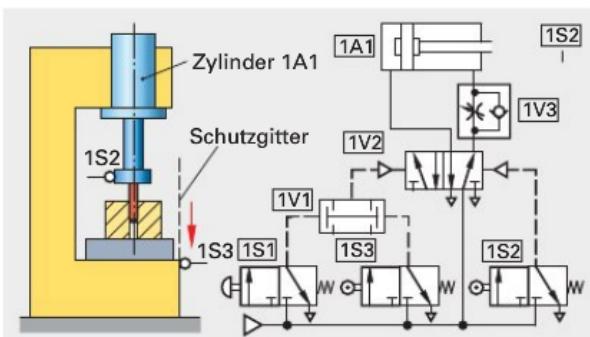


Bild 3: UND-Verknüpfung

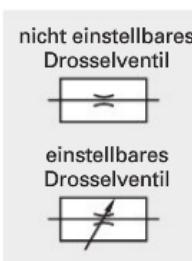


Bild 4: Drosselventile

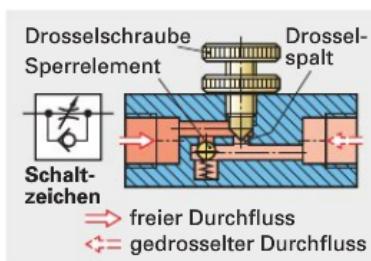


Bild 5: Drosselrückschlagventil

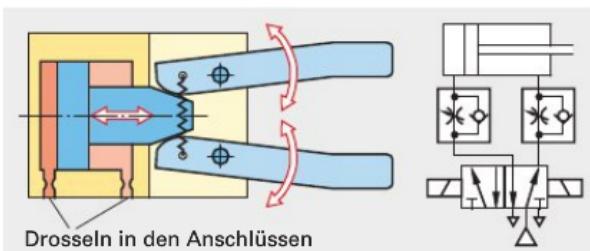


Bild 6: Pneumatischer Greifer mit Drosseln

8.3.2.4 Zeitelemente in der Pneumatik

Ventile, die ein Ausgangssignal erst nach einer eingestellten Zeit (zeitverzögert) weiterleiten, werden als Verzögerungsventile bezeichnet (**Bild 1**).

Das Zeitverzögerungsventil setzt sich aus einem 3/2-Wegeventil (in Sperrnullstellung oder Durchflussnullstellung), einem Drosselrückschlagventil und einem kleinen Luftspeicher zusammen, die zu einer Baugruppe zusammengefasst sind.

■ Zeitelement als Einschaltverzögerung

Die Einschaltverzögerung gibt das Eingangssignal verzögert weiter, sodass das Ausgangssignal erst nach der eingestellten Zeit ansteht (**Bild 3**).

Die Zeitverzögerung wird am verstellbaren Durchflussquerschnitt am Drosselrückschlagventil eingestellt (Bild 1). Wird dann am Steueranschluss 12 Druck angelegt (1-Signal), so muss die Druckluft durch das Drosselventil und füllt den Luftspeicher. Im Luftspeicher baut sich Druck auf, der den Steuerkolben des 3/2-Wegevents belastet. Ist die aus dem Druck resultierende Kraft größer als die Vorspannkraft der Feder am Steuerkolben, schaltet das 3/2-Wegeventil und die Druckluft fließt von 1 nach 2. Die Verzögerungszeit ist die Zeit zum Druckaufbau. Fällt am Steueranschluss 12 die Druckluft ab, so drückt die Feder den Steuerkolben sofort wieder in die Ruhestellung, denn die Steuerluft entweicht über das Rückschlagventil.

Beispiel: Ein doppelt wirkender Zylinder soll nach Betätigung eines Signalelements ausfahren und nach 20 Sekunden wieder automatisch zurückfahren.

Lösung: Bei der Steuerung (**Bild 2**) erhält das Zeitverzögerungsventil 1V1 seine Steuerluft aus der Arbeitsleitung 4 des 5/2 Wegevents, wenn dieses von 1S1 auf Stellung a geschaltet wird. Nach Ablauf der Verzögerungszeit $t = 20 \text{ s}$ wird 1V2 von 1A1 wieder zurückgeschaltet, 1A fährt ein.

■ Zeitelement als Ausschaltverzögerung

Die Ausschaltverzögerung gibt das Eingangssignal sofort weiter, schaltet es jedoch erst nach einer eingestellten Zeit ab (**Bild 4**). Dieses Zeitverhalten wird durch die Umkehrung der Durchflussrichtung erreicht. Die Zeitverzögerung wird am verstellbaren Durchflussquerschnitt am Drosselrückschlagventil eingestellt. Wird am Steueranschluss 12 Druck angelegt, so strömt die Druckluft ungedrosselt durch das Rückschlagventil und schaltet das 3/2-Wegeventil und die Druckluft fließt von 1 nach 2. Verschwindet am Steueranschluss 12 das 1-Signal, so kann die Feder das Ventil nicht sofort in Sperrstellung schalten, da die Luft zwischen dem 3/2-Wegeventil und Drosselrückschlagventil über die Drossel abgeleitet wird. Die Verzögerungszeit ist die Zeit des Druckabbaus über die Drossel.

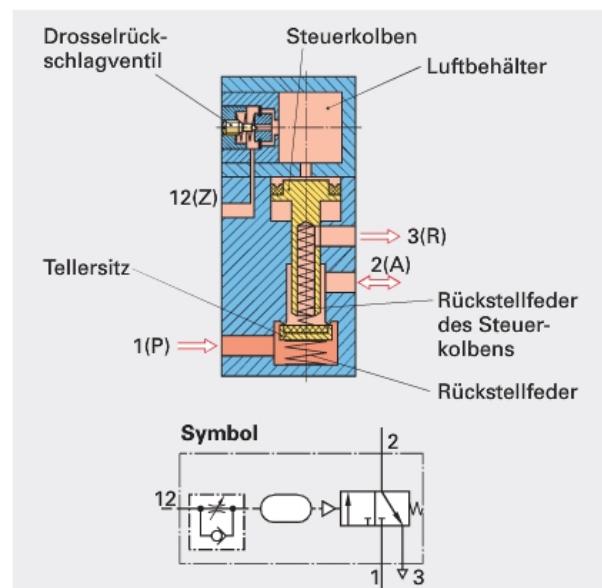


Bild 1: Zeitverzögerungsventil

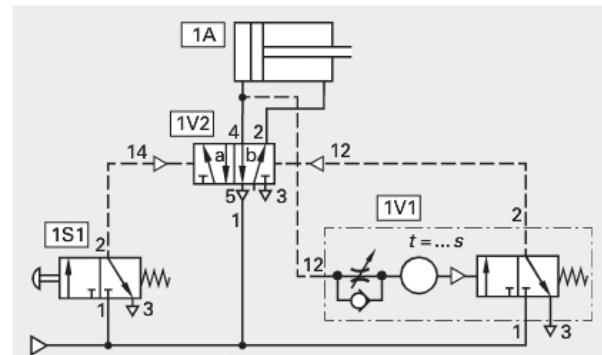


Bild 2: Zeitabhängige Steuerung

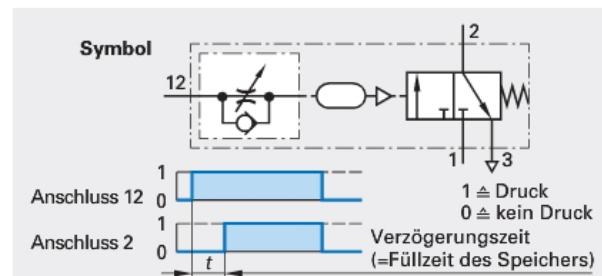


Bild 3: Zeitdiagramm der Einschaltverzögerung

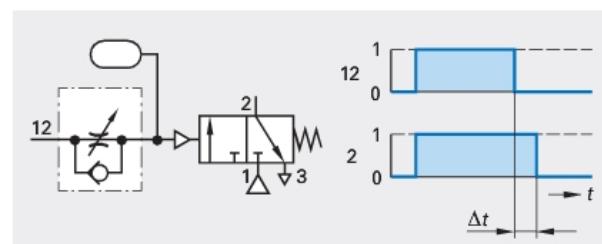


Bild 4: Zeitdiagramm der Ausschaltverzögerung

■ Druckventile

Druckbegrenzungsventile sichern Druckbehälter, Leitungen und Bauelemente gegen unzulässig hohen Druck (**Bild 1**). Sie sind in der Ruhestellung geschlossen. Das Sperrelement öffnet die Entlüftung ins Freie, wenn die von der Druckluft auf das Sperr-element ausgeübte Kraft größer wird als die eingestellte Federkraft.

Druckregelventile halten den Druck in der Pneumatikanlage konstant. Sie sind in der Ruhestellung offen. Die Regelung des Druckes erfolgt über eine Membrane, auf die von oben der Arbeitsdruck und von unten die Kraft der Einstellfeder wirken (**Bild 2**). Sinkt der Arbeitsdruck, weil Luft zu den Zylindern strömt, dann drückt die Feder über Membrane und Stift den Ventilteller nach oben. Dadurch kann Druckluft durch den Ringspalt so lange in die Arbeitsleitung strömen, bis der steigende Arbeitsdruck die Membrane in die Ausgangslage gedrückt hat. Steigt dagegen der Druck in der Arbeitsleitung z.B. durch Erwärmung an, hebt die Membran vom Stift ab und Luft kann von der Arbeitsleitung über die Entlüftungsbohrung im Gehäuse ins Freie entweichen.

8.3.2.5 Eigenschaften der Pneumatik

Pneumatische Steuerungen werden wegen der besonderen Vorteile der Pneumatik und durch das Zusammenwirken mit elektrischen und elektronischen Komponenten vielfältig eingesetzt (Seite 518).

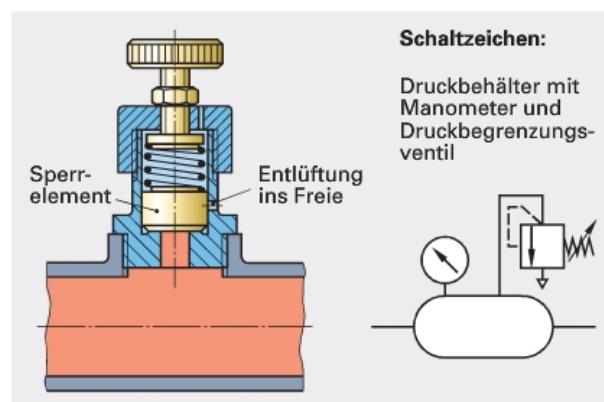


Bild 1: Druckbegrenzungsventil

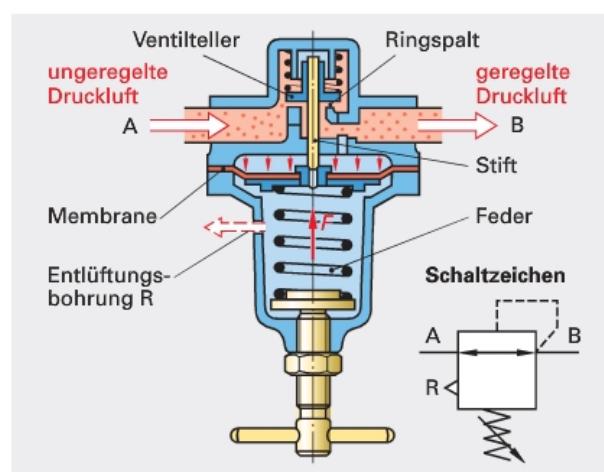


Bild 2: Druckregelventil

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 Druckbehältern speicherbar.

Nachteile der Pneumatik

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

Wiederholung und Vertiefung

- 1 Welche Vorteile hat die Pneumatik?
- 2 Welche Anforderungen werden an das Druckluftnetz gestellt?
- 3 Wozu braucht man Aufbereitungseinheiten?
- 4 Bei welchen pneumatischen Steuerungen wird mit ölfreier Druckluft gearbeitet?
- 5 Welchen Vorteil haben kolbenstangenlose Zylinder?
- 6 Mit welchen Bauelementen kann die Geschwindigkeit von Zylindern eingestellt werden?

- 7 Skizzieren Sie das Schaltzeichen eines 5/3-Wegeventiles, bei dem in der Mittelstellung alle Anschlüsse gesperrt sind und das durch einen Hebel betätigt wird.
- 8 Welche Signalverknüpfung ist mit Wechselseitlichen möglich?
- 9 Warum bezeichnet man die Funktion von Zweidruckventilen auch als „UND“-Verknüpfung?
- 10 Welche Aufgaben haben Druckbegrenzungsventile und Druckregelventile?