

Bestell-Nr.: 562069
Stand: 01/2008
Autoren: F. Ebel, S. Idler, G. Prede, D. Scholz
Redaktion: A. Hüttner, R. Pittschellis
Layout: 02/2008, F. Ebel

© Festo Didactic GmbH & Co. KG, D-73770 Denkendorf, 2008
Internet: www.festo-didactic.com
e-mail: did@festo.com

Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das Recht, Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmusteranmeldungen durchzuführen.

Teile dieser Unterlagen dürfen vom berechtigten Verwender ausschließlich für Unterrichtszwecke vervielfältigt werden.

Hinweis

Soweit in dieser Broschüre nur von Lehrer, Schüler etc. die Rede ist, sind selbstverständlich auch Lehrerinnen, Schülerinnen etc. gemeint. Die Verwendung nur einer Geschlechtsform soll keine geschlechtsspezifische Benachteiligung sein, sondern dient nur der besseren Lesbarkeit und dem besseren Verständnis der Formulierungen.

5 Grundlagen der Pneumatik

Der Begriff Pneumatik stammt vom griechischen Wort „pneuma“, das soviel wie Wind oder Atem bedeutet. Man versteht darunter den Einsatz von Druckluft oder druckluftbetriebenen Systemen in der Technik. Eine moderne pneumatische Anlage in der Automatisierungstechnik besteht aus Teilsystemen zur:

- Erzeugung und Bereitstellung der Druckluft (Kompressor, Kühler, Filter),
- Verteilung der Druckluft (Rohrleitungen, Pneumatikschläuche, Kupplungsstücke),
- Steuerung der Druckluft (Druckventile, Wegeventile, Sperrventile)
- Verrichten von Arbeit mit der Druckluft (Zylinder, Drehantriebe).

Am häufigsten wird Druckluft eingesetzt, um mechanische Arbeit zu verrichten, d. h. um Bewegungen auszuführen und um hohe Kräfte zu erzeugen.

Pneumatische Antriebe haben die Aufgabe, die in der Druckluft gespeicherte Energie in Bewegungsenergie umzuwandeln.

Als pneumatische Antriebe finden meist Zylinder Verwendung. Sie zeichnen sich durch robusten Aufbau, große Variantenvielfalt, einfache Installation und ein günstiges Preis-Leistungsverhältnis aus. Diese Vorteile haben der Pneumatik in der modernen Technik ein weites Anwendungsfeld erschlossen. Weitere Vorteile sind:

Merkmale	Vorteile der Pneumatik
Menge	Luft ist praktisch überall in unbegrenzter Menge verfügbar.
Transport	Luft kann sehr einfach in Rohrleitungen über weite Strecken transportiert werden.
Speicherfähigkeit	Druckluft kann in einem Druckbehälter gespeichert und von dort entnommen werden. Der Druckbehälter (Flasche) kann zusätzlich noch transportabel sein.
Temperatur	Druckluft ist nahezu unempfindlich gegen Temperaturschwankungen. Dies garantiert einen zuverlässigen Betrieb selbst unter extremen Bedingungen.
Sicherheit	Druckluft bietet kein Risiko in Bezug auf Feuer- oder Explosionsgefahr.
Sauberkeit	Nichtgeölte entweichende Druckluft verursacht keine Umweltverschmutzung.
Aufbau	Die Arbeitselemente sind einfach in ihrem Aufbau und daher preiswert.
Geschwindigkeit	Druckluft ist ein schnelles Arbeitsmedium. Es können hohe Kolbengeschwindigkeiten und kurze Schaltzeiten erzielt werden.
Überlastsicherung	Pneumatische Werkzeuge und Arbeitselemente können bis zum Stillstand belastet werden und sind somit überlastsicher.

5.1 Physikalische Grundlagen

Luft ist ein Gasgemisch und hat die folgende Zusammensetzung:

- ca. 78 Vol. % Stickstoff
- ca. 21 Vol. % Sauerstoff

Zusätzlich sind Spuren von Wasserdampf, Kohlendioxid, Argon, Wasserstoff, Neon, Helium, Krypton und Xenon enthalten.

Zum besseren Verständnis der Gesetzmäßigkeiten der Luft sind nachfolgend die hierbei auftretenden physikalischen Größen aufgeführt. Die Angaben erfolgen in „Internationalen Einheitensystem“, kurz SI genannt.

5.1.1 Basiseinheiten

Größe	Formelzeichen	Einheiten
Länge	l	Meter (m)
Masse	m	Kilogramm (kg)
Zeit	t	Sekunde (s)
Temperatur	T	Kelvin (K, 0 °C = 273,15 K)

5.1.2 Abgeleitete Einheiten

Größe	Formelzeichen	Einheiten
Kraft	F	Newton (N), 1 N = 1 kg • m/s ²
Fläche	A	Quadratmeter (m ²)
Volumen	V	Kubikmeter (m ³)
Volumenstrom	q _v	(m ³ /s)
Druck	p	Pascal (Pa) 1 Pa = 1 N/m ² 1 bar = 10 ⁵ Pa

5.1.3 Newtonsches Gesetz

Kraft = Masse • Beschleunigung

$$F = m \cdot a$$

beim freien Fall wird a durch die Fallbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ersetzt

5.1.4 Druck

1 Pa entspricht dem Druck, den eine senkrecht wirkende Kraft von 1 N auf eine Fläche von 1 m² ausübt.

Der Druck, der direkt auf der Erdoberfläche herrscht, wird als atmosphärischer Druck (p_{amb}) bezeichnet. Dieser Druck wird auch Bezugsdruck genannt. Der Bereich oberhalb dieses Drucks heißt Überdruckbereich ($p_e > 0$), der Bereich unterhalb heißt Unterdruckbereich ($p_e < 0$). Die atmosphärische Druckdifferenz p_e berechnet sich nach der Formel:

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

Dies wird durch das folgende Diagramm verdeutlicht:

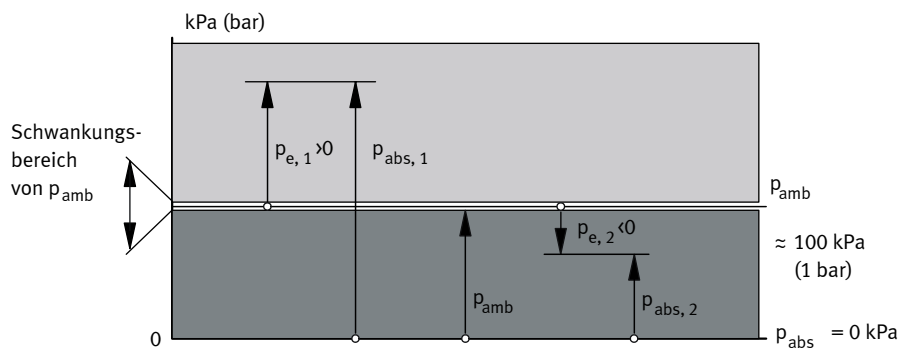


Abbildung 5.1: Luftdruck

Der atmosphärische Druck ist nicht konstant. Sein Wert ändert sich mit der geographischen Lage und dem Wetter.

Der absolute Druck p_{abs} ist der auf Druck Null – Vakuum – bezogene Wert. Er ist gleich der Summe des atmosphärischen Drucks und des Über- bzw. Unterdrucks. In der Praxis werden hauptsächlich Druckmessgeräte verwendet, die nur den Überdruck p_e anzeigen. Der absolute Druckwert p_{abs} ist ungefähr 100 kPa (1 bar) höher.

In der Pneumatik ist es üblich, sämtliche Angaben über Luftmengen auf den sogenannten Normzustand zu beziehen. Der Normzustand nach DIN 1343 ist ein durch Normtemperatur und Normdruck festgelegter Zustand eines festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffes.

- Normtemperatur $T_n = 273,15 \text{ K}$, $t_n = 0 \text{ °C}$
- Normdruck $p_n = 101325 \text{ Pa} = 1,01325 \text{ bar}$

5.2 Eigenschaften der Luft

Charakteristisch für die Luft ist die sehr geringe Kohäsion, d.h. die Kräfte zwischen den Luftmolekülen sind bei den in der Pneumatik üblichen Betriebsbedingungen zu vernachlässigen. Wie alle Gase hat daher auch die Luft keine bestimmte Gestalt. Sie verändert ihre Form bei geringster Krafteinwirkung und nimmt den ihr maximal zur Verfügung stehenden Raum ein.

5.2.1 Boyle-Mariott'sches Gesetz

Die Luft lässt sich verdichten (Kompression) und hat das Bestreben sich auszudehnen (Expansion). Diese Eigenschaften beschreibt das Boyle-Mariott'sche Gesetz: Das Volumen einer abgeschlossenen Gasmenge ist bei konstanter Temperatur umgekehrt proportional zum absoluten Druck, oder das Produkt aus Volumen und absolutem Druck ist für eine bestimmte Gasmenge konstant.

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3 = \text{konstant}$$

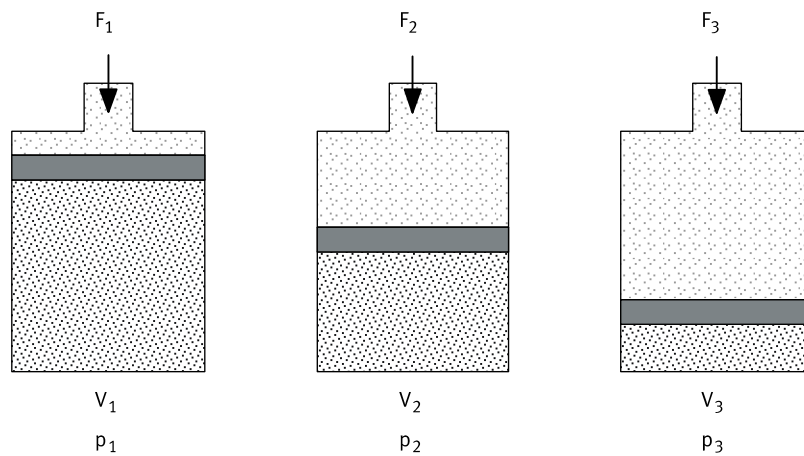


Abbildung 5.2: Boyle-Mariott'sches Gesetz

Rechenbeispiel

Luft wird bei atmosphärischem Druck auf 1/7 ihres Volumens verdichtet. Welcher Druck stellt sich ein, wenn die Temperatur konstant bleibt?

Lösung

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{V_1}{V_2} \quad \text{Anmerkung: } \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{7}$$

$$p_1 = p_{\text{amb}} = 100 \text{ kPa} = 1 \text{ bar}$$

$$p_2 = 1 \cdot 7 = 700 \text{ kPa} = 7 \text{ bar absolut}$$

$$\text{Daraus folgt: } p_e = p_{\text{abs}} - p_{\text{amb}} = (700 - 100) \text{ kPa} = 600 \text{ kPa} = 6 \text{ bar}$$

Ein Verdichter, der einen Überdruck von 600 kPa (6 bar) erzeugt, hat ein Verdichtungsverhältnis von 7:1.

5.2.2 Gay-Lussac'sches Gesetz

Luft dehnt sich bei konstantem Druck, einer Temperatur von 273 K und einer Erwärmung von 1 K um 1/273 ihres Volumens aus. Das Gay-Lussac'sche Gesetz lautet: Das Volumen einer abgeschlossenen Gasmenge ist der absoluten Temperatur proportional, solange der Druck nicht geändert wird.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad V_1 = \text{Volumen bei } T_1, V_2 = \text{Volumen bei } T_2$$

oder

$$\frac{V}{T} = \text{konstant}$$

$$\text{Die Volumenänderung } \Delta V \text{ ist: } \Delta V = V_2 - V_1 = V_1 \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_1}$$

$$\text{Für } V_2 \text{ gilt: } V_2 = V_1 + \Delta V = V_1 + \frac{V_1}{T_1}(T_2 - T_1)$$

Die vorstehenden Gleichungen gelten nur, wenn die Temperaturen in K eingesetzt werden. Um in °C rechnen zu können, ist die folgende Formel zu verwenden:

$$V_2 = V_1 + \frac{V_1}{273^\circ\text{C} + T_1}(T_2 - T_1)$$

Rechenbeispiel

0,8 m³ Luft mit der Temperatur $T_1 = 293 \text{ K}$ (20 °C) werden auf $T_2 = 344 \text{ K}$ (71 °C) erwärmt. Wie stark dehnt sich die Luft aus?

$$V_2 = 0,8 \text{ m}^3 + \frac{0,8 \text{ m}^3}{293 \text{ K}} (344 \text{ K} - 293 \text{ K})$$

$$V_2 = 0,8 \text{ m}^3 + 0,14 \text{ m}^3 = 0,94 \text{ m}^3$$

Die Luft hat sich um 0,14 m³ auf 0,94 m³ ausgedehnt.

Wird das Volumen während der Erwärmung konstant gehalten, ergibt sich für die Druckzunahme die folgende Formel:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

oder

$$\frac{p}{T} = \text{konstant}$$

5.2.3 Allgemeine Gasgleichung

Den prinzipiellen Gesetzmäßigkeiten wird die allgemeine Gasgleichung gerecht, die besagt:

Bei einer abgeschlossenen Gasmenge ist das Produkt aus Druck und Volumen geteilt durch die absolute Temperatur konstant.

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} = \text{konstant}$$

Aus dieser allgemeinen Gasgleichung erhält man die vorher genannten Gesetze, wenn jeweils einer der drei Faktoren p , V oder T konstant gehalten wird.

- Druck p konstant → isobare Änderungen
- Volumen V konstant → isochore Änderungen
- Temperatur T konstant → isotherme Änderungen

5.3 Die Einzelkomponenten einer pneumatischen Steuerung und ihre Funktion

Verdichter

Energielieferanten für Druckluftnetze sind Schrauben- oder Kolbenverdichter. Sie liefern einen Ausgangsdruck von 700 – 800 kPa (7 – 8 bar). Damit ist gewährleistet, dass trotz Leckagen (defekte Stellen, an denen Luft unbeabsichtigt entweichen kann) und Leitungsverlusten ein Arbeitsdruck von mindestens 600 kPa (6 bar) am Zylinder zur Verfügung steht.

Druckluftfilter

Druckluftfilter werden der Druckluftanlage zentral oder dezentral vorgeschaltet. Sie beseitigen angesaugte Schmutzpartikel und Kondensat. Ordnungsgemäß gefilterte Druckluft trägt erheblich zu einer hohen Lebensdauer nachgeschalteter Elemente bei.

Druckregelventil

Am Druckregelventil wird die erforderliche Druckhöhe für die einzelnen Anlagenteile eingestellt. Schwankungen im Druckluftnetz werden dadurch ausgeglichen. Der eingestellte Druck bleibt konstant, wenn am Reglereingang mindestens 50 kPa (0,5 bar) über dem gewünschten Solldruck vorhanden ist.

Einschaltventile

Trennen einzelne Druckluftnetze untereinander ab.

Steuerventile

Sperren die Druckluft ab und leiten sie zum gewünschten Zeitpunkt an die Arbeitselemente weiter. Von der richtigen Verschaltung der Elemente hängen Sicherheit und Zuverlässigkeit der Anlage ab.

Arbeitsventile

Sind dem Zylinderdurchmesser angepasst und versorgen diese mit der erforderlichen Druckluftmenge.

Zylinder

Pneumatikzylinder sind robuste Arbeitselemente mit geringer Störanfälligkeit und hoher Lebensdauer. Bei günstigen Abmessungen lassen sich hohe Geschwindigkeiten erzielen. Voraussetzung für einen störungsfreien Betrieb sind die richtige Auslegung und Montage.

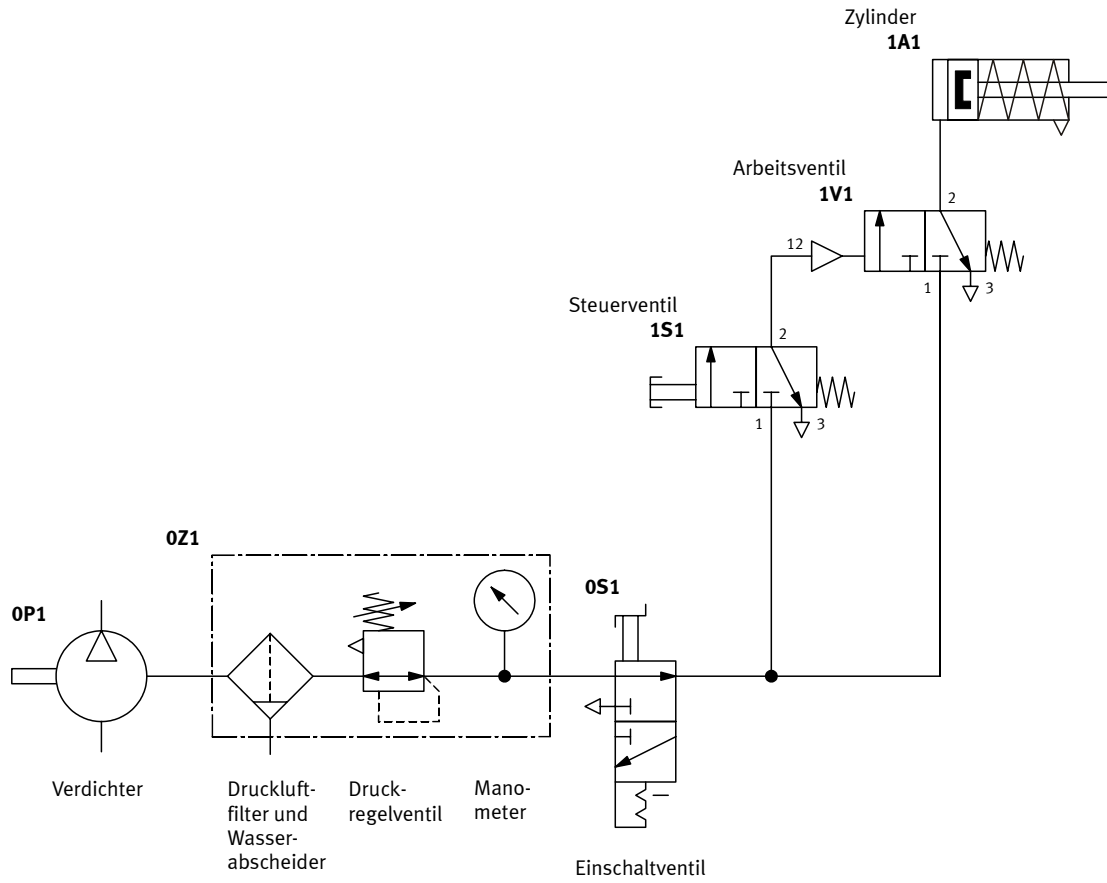


Abbildung 5.3: Wesentliche Bauteile und Baugruppen einer pneumatischen Steuerung

5.4 Funktionen und Merkmale von Aktoren – Pneumatikzylinder

5.4.1 Einfachwirkender Zylinder

Einfachwirkende Zylinder werden nur von einer Seite mit Druckluft versorgt und dort besteht eine Anschlussmöglichkeit zur Versorgung mit Druckluft. Daher können sie auch nur in eine Richtung Arbeit leisten. Vor der Rückstellung muss die Zylinderkammer entlüftet werden, dann kann die Einfahrbewegung der Kolbenstange durch die eingebaute Feder oder durch eine äußere Krafteinwirkung erfolgen (vgl. Abbildung 5.4). Die Entlüftung erfolgt durch eine Bohrung am Zylinderdeckel.

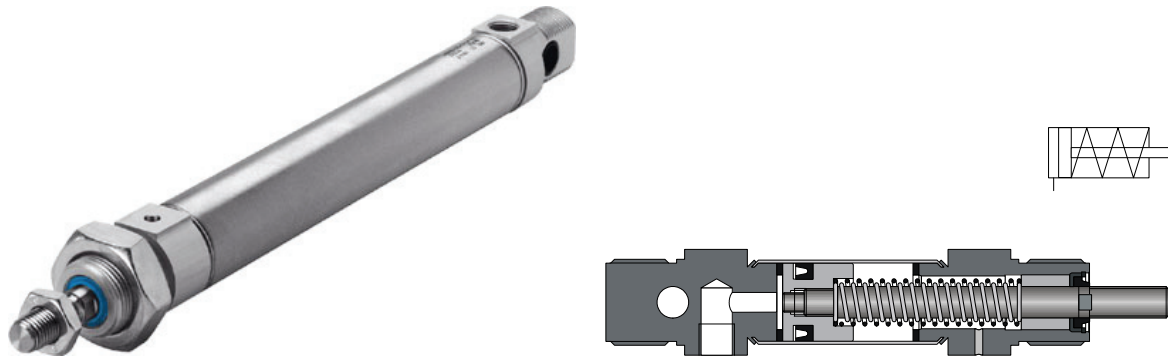


Abbildung 5.4: Realbild, Schnittdarstellung und Schaltsymbol eines einfachwirkenden Zylinders

5.4.2 Doppeltwirkender Zylinder

Doppeltwirkende Zylinder werden von beiden Seiten mit Druckluft versorgt. Diese Zylinder können daher auch in beide Richtungen Arbeit leisten. Die auf die Kolbenstange übertragene Kraft ist für den Vorhub etwas größer als für den Rückhub, da die mit Druckluft versorgte Fläche auf der Kolbenseite größer ist als die auf der Kolbenstangenseite (vgl. Abbildung 5.5).

Am doppeltwirkenden Zylinder befindet sich für jede Druckkammer ein Anschluss. Vor Umschaltung in die Gegenrichtung muss die entsprechende Kammer (Kolbenseite oder Kolbenstangenseite) zunächst entlüftet werden.

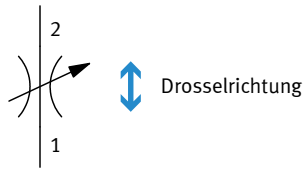


Abbildung 5.5: Realbild, Schnittdarstellung und Schaltsymbol eines doppeltwirkenden Zylinders

5.4.3 Geschwindigkeitsregulierung bei einfachwirkenden Zylindern

Drosselventil

An einem Drosselventil wird der Leitungsquerschnitt stufenlos verändert. Die Wirkung des reduzierten Volumenstromes ist in beiden Richtungen gleich.



Drossel-Rückschlagventil

Die Einstellung an der Drossel wirkt nur in einer Richtung. In der Gegenrichtung ist die Drossel unwirksam. Der Volumenstrom wird über das Rückschlagventil geleitet. Die Drosselrichtung ist auf den Elementen durch einen Pfeil gekennzeichnet.

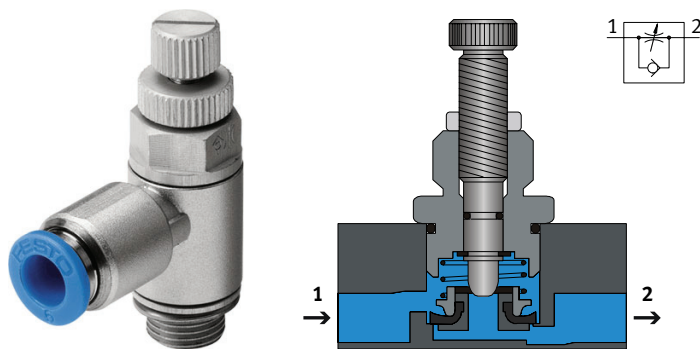
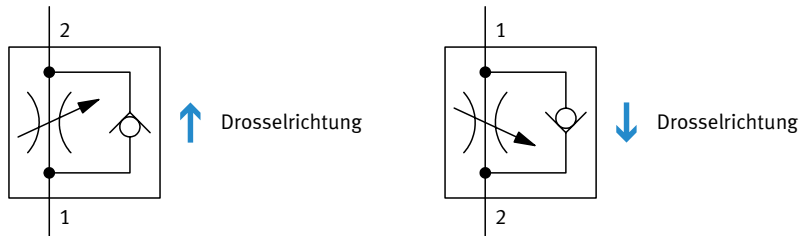
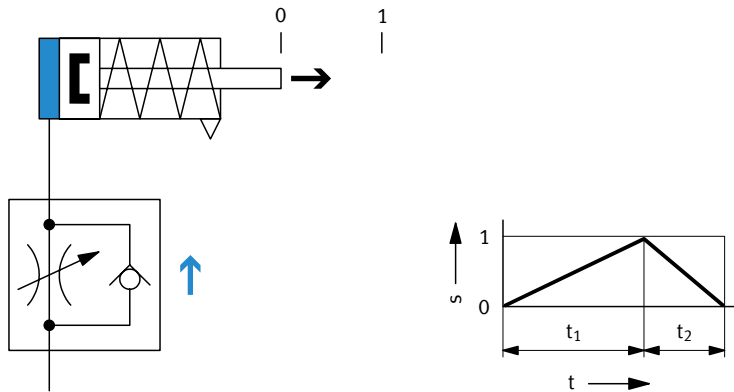


Abbildung 5.6: Realbild Drossel-Rückschlagventil; Schnittbild Drossel-Rückschlagventil und Schaltsymbol

Im Vorhub

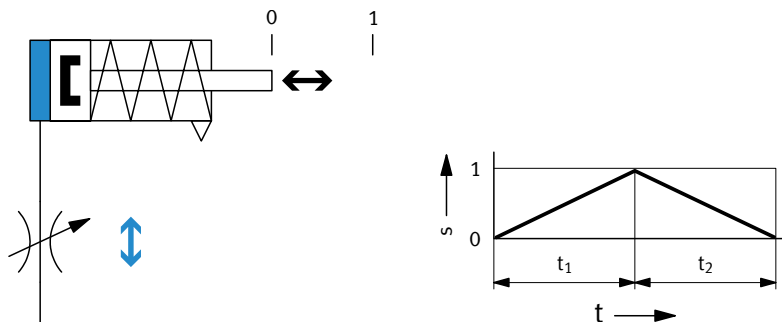
Die zugeführte Luft wird durch ein Drossel-Rückschlagventil reduziert. Dabei ist die eingestellte Geschwindigkeit nur im Vorhub wirksam. Beim Rückhub wird der Volumenstrom über das Rückschlagventil geleitet.



$t_1 =$ einstellbar, $t_2 =$ konstant (nicht einstellbar)

Im Vor- und Rückhub

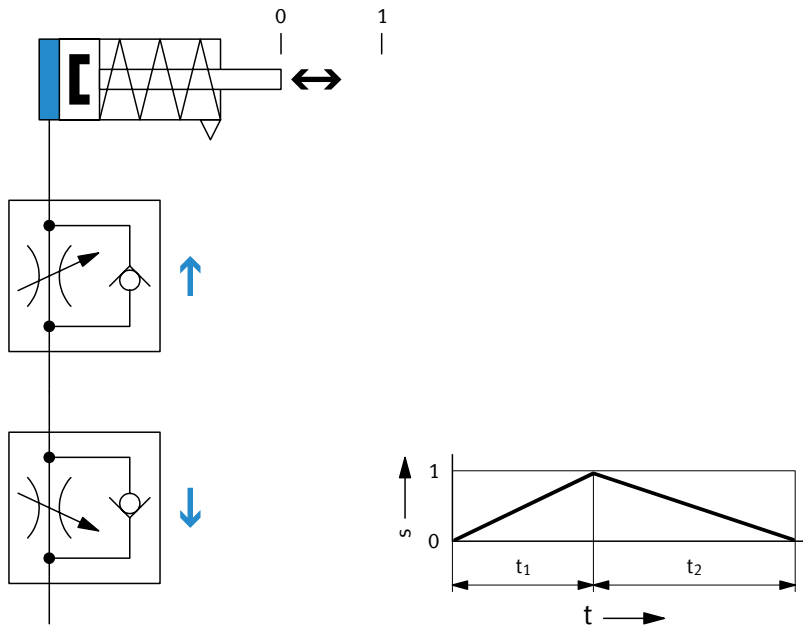
Die Drossel befindet sich am Druckluft zu- und abführenden Anschluss. Die eingestellte Geschwindigkeit ist im Vor- und Rückhub wirksam.



$t_1 = t_2 =$ einstellbar

Durch zwei Drossel-Rückschlagventile

Die Geschwindigkeit kann für Vor- und Rückhub getrennt eingestellt werden.

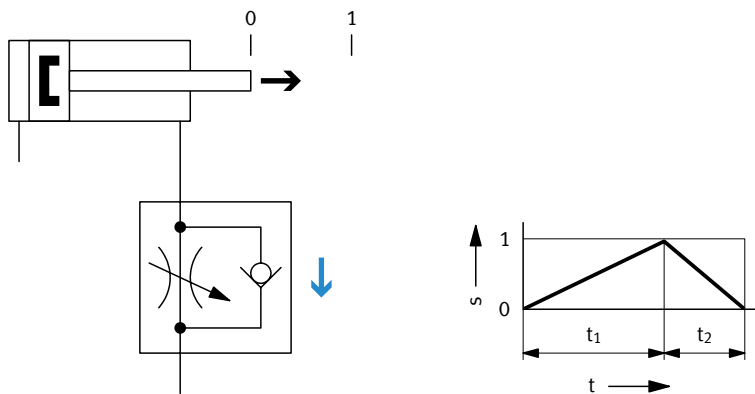


$t_1 =$ einstellbar, $t_2 =$ einstellbar

5.4.4 Geschwindigkeitsregulierung bei doppelwirkenden Zylindern

Im Vorhub (Abluftdrosselung)

Das Drossel-Rückschlagventil befindet sich am entlüftenden Anschluss (Abluftdrosselung). Die abströmende Luft wird durch die Drossel geleitet. Die Abluftdrosselung ist bei doppelwirkenden Zylindern die häufigste Methode. Die Geschwindigkeitsregulierung ist von der Last unabhängig.

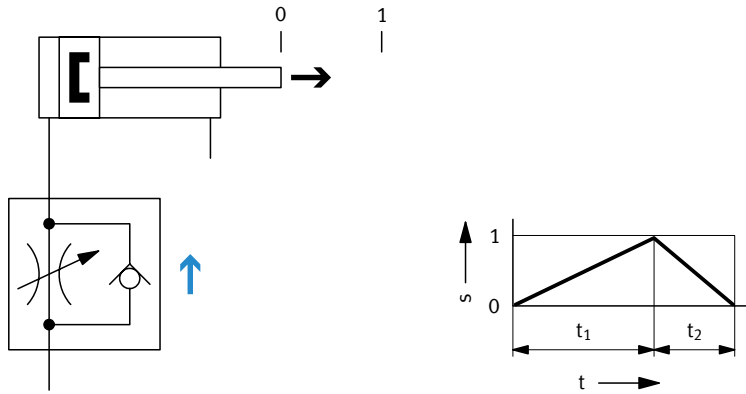


$t_1 =$ einstellbar, $t_2 =$ konstant (nicht einstellbar)

Im Vorhub (Zuluftdrosselung)

(Nicht geeignet bei vertikaler Anordnung des Zylinders)

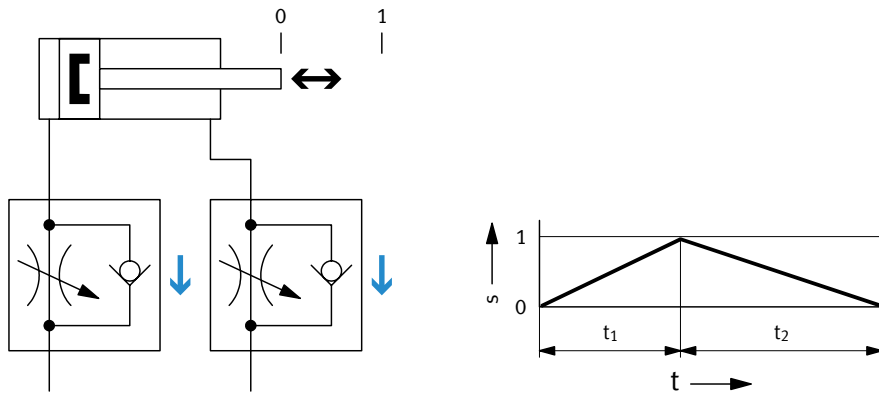
Das Drossel-Rückschlagventil befindet sich am Druckluft zuführenden Anschluss (Zuluftdrosselung). Die eingestellte Geschwindigkeit ist nur im Vorhub wirksam. Bei kleinsten Lastschwankungen an der Kolbenstange ergeben sich sehr große Ungleichmäßigkeiten der Vorschubgeschwindigkeit. Eine Last in Bewegungsrichtung des Zylinders beschleunigt den Zylinder über den eingestellten Wert.



$t_1 =$ einstellbar, $t_2 =$ konstant (nicht einstellbar)

Im Vor- und Rückhub

Abluftdrosselung durch zwei Drossel-Rückschlagventile. Die Geschwindigkeit kann für Vor- und Rückhub getrennt eingestellt werden.



$t_1 =$ einstellbar, $t_2 =$ einstellbar

5.5 Funktionen und Merkmale von Pneumatikventilen

Pneumatikventile steuern den Weg der Druckluft. Die Durchflussrichtung ist durch einen Pfeil gekennzeichnet. Die Betätigung kann manuell, mechanisch, pneumatisch oder elektrisch erfolgen. In automatisierten Anlagen werden in der Regel magnetisch betätigte Ventile benutzt, welche die Schnittstelle zwischen pneumatischer und elektrischer Steuerung bilden. Sie werden durch die Ausgangssignale des Signalsteuerteils geschaltet und sperren bzw. öffnen Verbindungen im pneumatischen Leistungsteil. Zu den wichtigsten Aufgaben elektrisch betätigter Wegeventile gehören:

- das Zuschalten bzw. Absperren der Druckluftversorgung
- das Ein- und Ausfahren von Zylinderantrieben.

Abbildung 5.7 und Abbildung 5.8 zeigen zwei Ausführungen realer Ventile.



Abbildung 5.7: Handbetätigtes 3/2-Wege-Ventil mit Rastfunktion

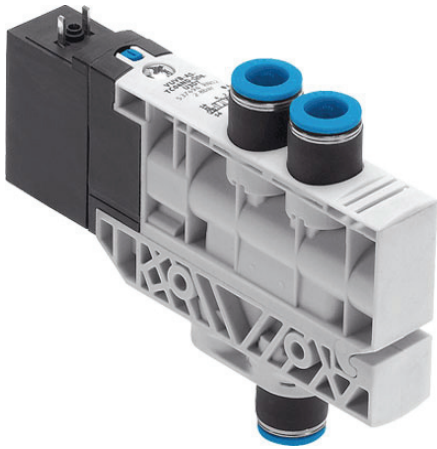


Abbildung 5.8: Realbild 4/2-Wege-Magnetventil, monostabil mit Handhilfsbetätigung

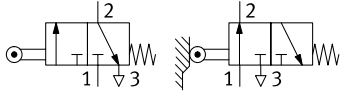
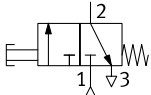
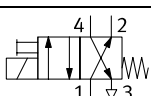
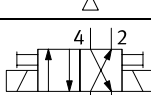
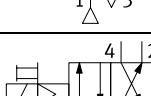
5.5.1 Bezeichnung und Symbole von Pneumatikventilen

Die folgende Tabelle gibt die wichtigsten Bauarten von Wegeventilen wieder.

Symbol	Bezeichnung	Funktion
	2/2-Wege-Ventil – in Ruhestellung geschlossen – in Ruhestellung geöffnet	Ventil mit zwei Schaltstellungen und zwei Anschlüssen
	3/2-Wege-Ventil – in Ruhestellung geschlossen – in Ruhestellung geöffnet	Ventil mit zwei Schaltstellungen und drei Anschlüssen
	4/2-Wege-Ventil	Ventil mit zwei Schaltstellungen und vier Anschlüssen
	5/2-Wege-Ventil	Ventil mit zwei Schaltstellungen und fünf Anschlüssen
	5/3-Wegeventil, Mittelstellung entlüftet	Der Kolben des Zylinderantriebs übt keinerlei Kraft auf die Kolbenstange aus. Die Kolbenstange ist frei beweglich.
	5/3-Wegeventil, Mittelstellung gesperrt	Die Kolbenstange bleibt stehen. Dies gilt auch, wenn sich die Kolbenstange nicht am Anschlag befindet.
	5/3-Wege-Ventil, Mittelstellung belüftet	Die Kolbenstange von Zylindern mit einseitiger Kolbenstange fährt mit verminderter Kraft aus.

5.5.2 Betätigungsarten von Pneumatikventilen

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Betätigungsarten von Wegeventilen.

Symbol	Bezeichnung	Funktion
	Rollenhebelventil, feder- rückgestellt, monostabil	Dieses Ventil wird durch Zylindernocken o. ä. betätigt. Es dient hauptsächlich der Endlagenabfrage.
	Handbetätigt, federrückgestellt, monostabil	Dieses Ventil wird von Hand betätigt und beim Loslassen von einer Feder zurückgestellt.
	Magnetventil mit Hand- hilfsbetätigung, federrückgestellt, monostabil	Dieses Ventil wird durch einen Magnet betätigt und von einer Feder zurückgestellt, sobald der Steuerstrom abgeschaltet wird.
	Magnetventil mit Hand- hilfsbetätigung, bistabil	Dieses Ventil wird durch Magnete betätigt und bleibt in der momentanen Lage, bis der jeweils andere Magnet betätigt wird.
	Magnetventil mit pneumatischer Vorsteuerung	Dieses Ventil wird durch einen Magnet betätigt. Der Magnet steuert einen pneumatischen Hilfskreis, der den Ventilschieber betätigt.

5.5.3 Ansteuerung eines einfachwirkenden Zylinders

Abbildung 5.9a zeigt ein elektrisch betätigtes Ventil, das die Bewegung eines einfachwirkenden Zylinderantriebs steuert. Es weist drei Anschlüsse und zwei Schaltstellungen auf.

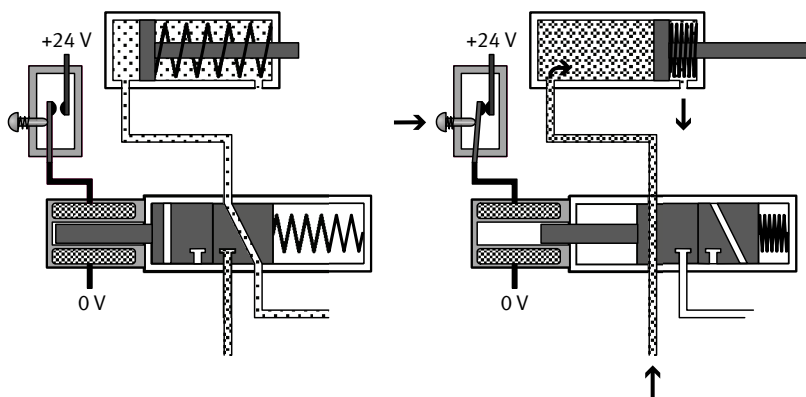
- Ist die Magnetspule des Wegeventils stromlos, wird die Zylinderkammer über das Wegeventil entlüftet. Die Kolbenstange ist eingefahren.
- Wird die Magnetspule von Strom durchflossen, schaltet das Wegeventil und die Zylinderkammer wird belüftet. Die Kolbenstange fährt aus.
- Wird die Magnetspule stromlos, schaltet das Ventil zurück. Die Zylinderkammer wird entlüftet und die Kolbenstange fährt ein.

5.5.4 Ansteuerung eines doppelwirkenden Zylinders

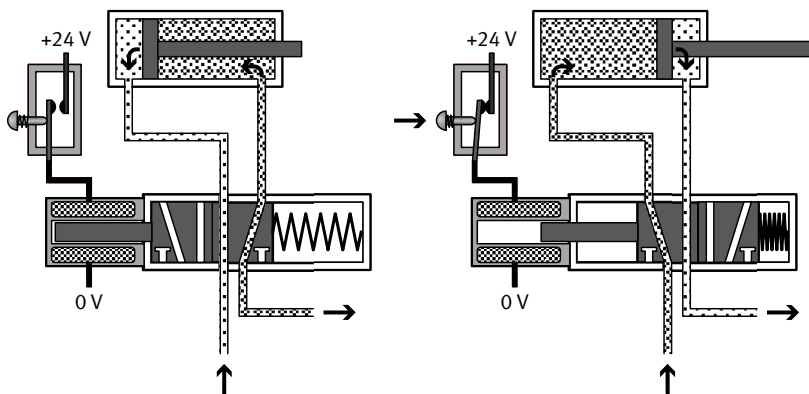
Der doppelwirkende Zylinderantrieb in Abbildung 5.9b wird durch ein Wegeventil mit fünf Anschlüssen und zwei Schaltstellungen betätigt.

- Ist die Magnetspule stromlos, so wird die linke Zylinderkammer entlüftet, die rechte Zylinderkammer hingegen belüftet. Die Kolbenstange ist eingefahren.
- Wird die Magnetspule von elektrischem Strom durchflossen, schaltet das Ventil. Die linke Zylinderkammer wird belüftet und die rechte Zylinderkammer wird entlüftet. Die Kolbenstange fährt aus.
- Wird die Magnetspule stromlos, schaltet das Ventil zurück und die Kolbenstange fährt ein.

a)



b)



a) einfachwirkend

b) doppelwirkend

Abbildung 5.9: Ansteuerung von Zylindern mit Magnetventilen

5.6 Funktionen und Merkmale von pneumatischen Antrieben

5.6.1 Geführte Antriebe, kolbenstangenlose Linearantriebe und Drehantriebe

Für Spezialanwendungen, vor allem in der Handhabungstechnik, werden häufig geführte pneumatische Antriebe verwendet (vgl. Abbildung 5.11). Anders als gewöhnliche Zylinder kann hier die Kolbenstange nicht verdreht und mit Kräften belastet werden. Je nach Ausführen handelt es sich um Gleitführungen für einfache Anwendungen mit geringer Belastung durch äußere Kräfte und begrenzter Genauigkeit oder um hochgenaue Kugelführungen, die erhebliche Kräfte und Momente aufnehmen können und natürlich entsprechend teuer sind.

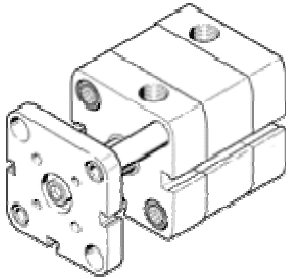


Abbildung 5.11: Geführter pneumatischer Antrieb

Eine andere Klasse von Antrieben sind die kolbenstangenlosen Zylinder (vgl. Abbildung 5.12). Diese besitzen keine Kolbenstange und sind deshalb besonders für große Hublängen geeignet.

Der kolbenstangenlose Zylinder ist nur geringfügig länger als der Zylinderhub, während der Zylinder mit Kolbenstange im ausgefahrenen Zustand mindestens doppelt so lang wie der Zylinderhub ist. Zusätzlich sind diese Antriebe meist mit hochwertigen Führungen ausgestattet.



Abbildung 5.12 Kolbenstangenloser pneumatischer Antrieb

Pneumatische Drehantriebe werden immer dort eingesetzt, wo eine Dreh- oder Schwenkbewegung gefordert ist.

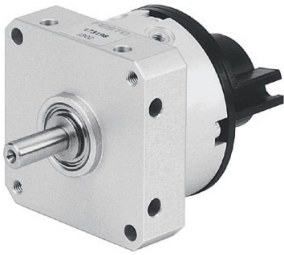
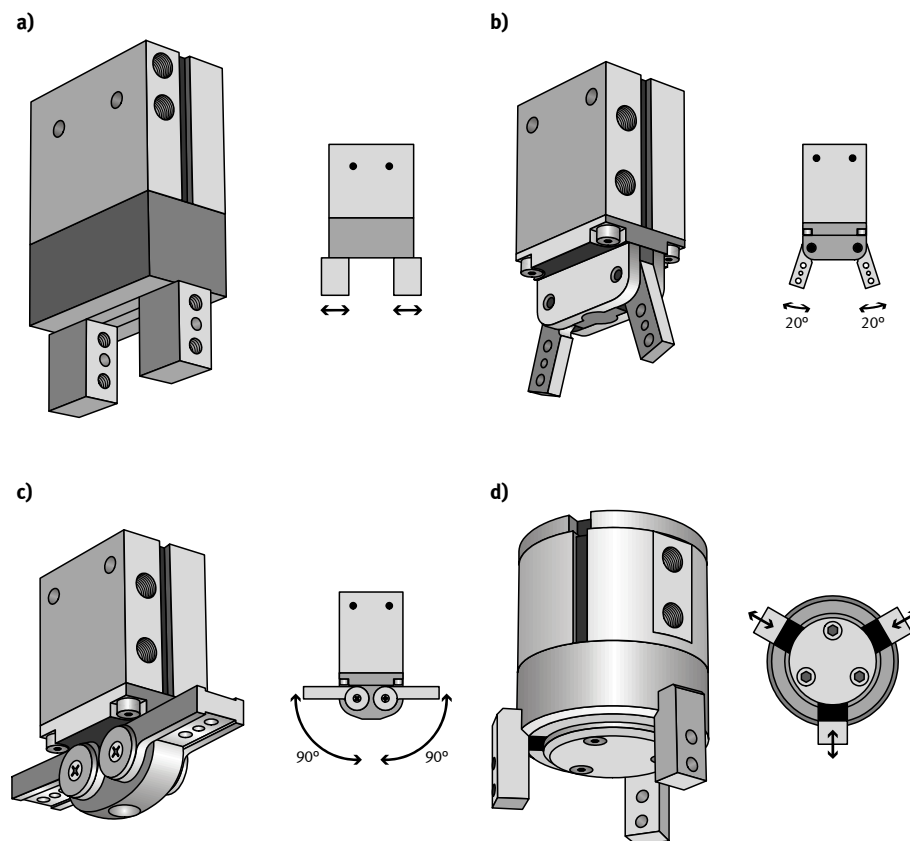


Abbildung 5.13 Pneumatischer Drehantrieb

5.6.2 Pneumatische Greifer

Pneumatisch angetriebene Greifer werden zur Handhabung von Werkstücken verwendet. In der folgenden Abbildung sind verschiedene Greifertypen dargestellt.



- a) Parallel-Greifer
- b) Winkel-Greifer
- c) Radial-Greifer
- d) 3-Punkt-Greifer

Abbildung 5.14: Pneumatische Greifer

Die folgende Abbildung (vgl. Abbildung 5.15) zeigt einen Schnitt durch den Winkelgreifer. Er wird durch einen doppelwirkenden Zylinder angetrieben. Es wird verdeutlicht, wie Greiferbacken (hier: für zylindrische Werkstücke) und Näherungsschalter am Greifer angebracht werden.

Die Auswahl von Greifertyp, Greiferbaugröße und Greiferbacken richtet sich nach Form und Gewicht der Werkstücke.

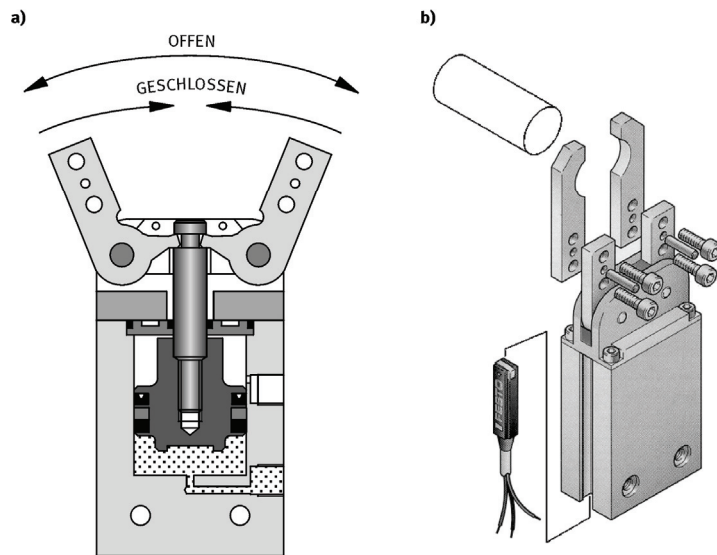


Abbildung 5.15: Winkelgreifer: Antriebsprinzip, Greiferbacken und Näherungsschalter

5.7 Darstellung pneumatischer Steuerungen im Schaltplan

Die einfachste Ansteuerung für einfach- und doppelwirkende Zylinder ist die direkte Zylindersteuerung. Hierbei wird der Zylinder direkt, ohne das Zwischenschalten weiterer Wegeventile, über ein muskelkraftbetätigtes oder ein mechanisch betätigtes Ventil angesteuert.

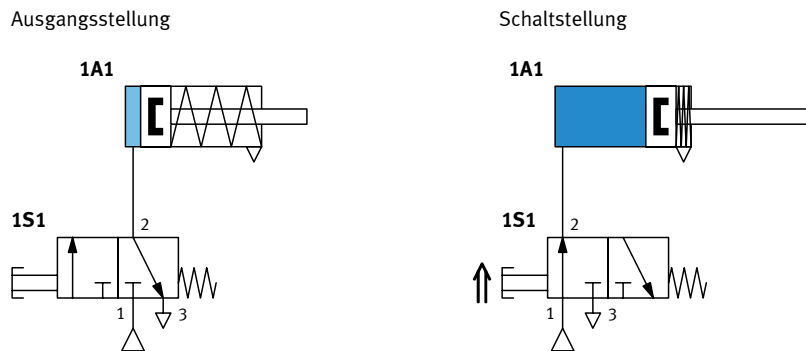


Abbildung 5.16: Schaltplan für eine direkte Ansteuerung mit handbetätigtem 3/2-Wege-Ventil

Die Symbole einzelner Elemente müssen in Schaltplänen im unbetätigten Zustand gezeichnet werden. Diese Darstellung bereitet dem Anfänger erfahrungsgemäß große Schwierigkeiten. Darum wird (entgegen der üblichen Standards) zum besseren Verständnis in den ersten Beispielen zusätzlich die jeweils durchgeschaltete Funktion (Schaltstellung) gezeigt. Der Pfeil vor dem Betätigungselement des 3/2-Wegeventils mit Drucktaster soll verdeutlichen, dass dieses Ventil betätigt ist (Abbildung 5.16 rechts).

5.7.1 Symbolbezeichnungen in Schaltplänen

Der Aufbau pneumatischer Schaltpläne, die Anordnung der Schaltzeichen sowie die Bauteilkennzeichnung und -nummerierung sind festgelegt in der DIN/ISO 1219-2. Der Schaltzustand der Ventile ist die Ausgangsstellung (Ruhestellung). Der Arbeitsteil (Zylinder mit Arbeitsventil) ist oben angeordnet. Der Steuerteil mit den Signaleingabeelementen ist darunter angeordnet.

Die Bezeichnung der Elemente erfolgt von unten nach oben und von links nach rechts (vgl. Abbildung 5.17).

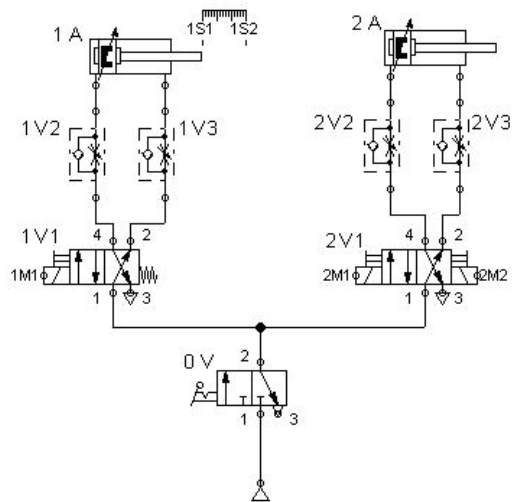


Abbildung 5.17: Bezeichnungen im pneumatischen Schaltplan

Beispiel zur Darstellung einer elektropneumatischen Schaltung und ihrer Funktion

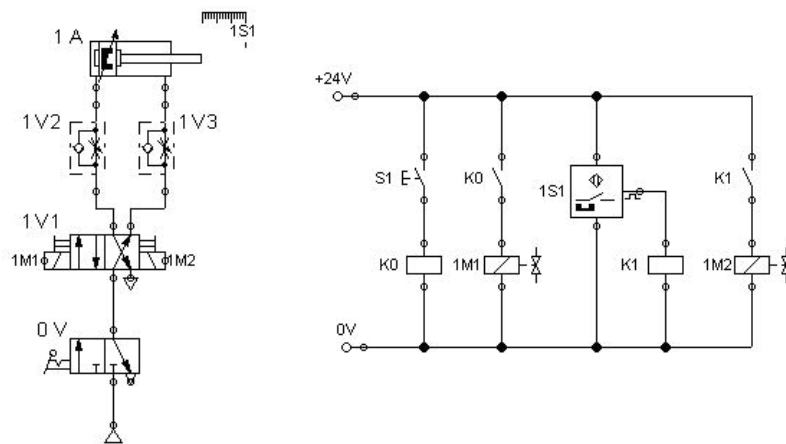


Abbildung 5.18: Darstellung einer elektropneumatischen Schaltung

Funktion der oben dargestellten elektropneumatischen Schaltung:

- Bei Betätigung des Handtasters S1 wird der Ventilmagnet 1M1 über einen Schließkontakt des Relais K0 geschaltet und der Zylinder 1A fährt aus.
- Bei Erreichen der vorderen Endlage schaltet der magnetische Endschalter 1S1 das Relais K1 und betätigt damit den Ventilmagneten 1M2. Damit fährt der Zylinder wieder in die hintere Endlage.