



VOGEL
HYDRAULIK · PNEUMATIK

Grundlagen

PNEUMATIK



Inhaltsverzeichnis

1	Pneumatik	1
1.1	Einleitung	1
1.1.1	Geschichte der Druckluft	1
1.1.2	Vor- und Nachteile der Pneumatik	2
1.1.3	Einsatzbereiche der Pneumatik	3
1.2	Erzeugen von Druckluft	4
1.3	Aufbereiten von Druckluft	6
1.3.1	Trocknung der Druckluft	7
1.3.2	Kältetrockner	8
1.3.3	Adsorptionstrockner	9
1.3.4	Weitere Möglichkeiten zur Drucklufttrocknung	9
1.4	Wartungseinheiten	10
1.4.1	Filter und Wasserabscheider	10
1.4.2	Druckregler	11
1.4.3	Nebelöler	12
1.4.4	Sonstige Bestandteile	14
1.4.5	Symbole der Bauteile von Wartungseinheiten	15
1.5	Pneumatische Antriebe	17
1.5.1	Einfachwirkende Zylinder	17
1.5.2	Doppeltwirkende Zylinder	19
1.5.3	Sonderbauformen der Zylinder	22
1.6	Wegeventile	28
1.6.1	Symbolische Darstellung der Wegeventile	28
1.6.2	Betätigungen der Wegeventile	30
1.6.3	Bezeichnung der Anschlüsse	33
1.6.4	Konstruktionsprinzipien von Wegeventilen	34
1.6.5	Bauarten von Wegeventilen	36
1.6.6	Vorsteuerung von Wegeventilen	43
1.6.7	Ventilträgersysteme	45
1.7	Sperrventile	48
1.7.1	Rückschlagventile	48
1.7.2	Schnellentlüftungsventile	48
1.7.3	Wechselventile	49
1.7.4	Zweidruckventile	50
1.8	Stromventile	52
1.8.1	Drosselrückschlagventile	53
1.9	Druckventile	54
1.10	Sonstige Ventile	55
1.11	Bezeichnung der Symbole im Schaltplan	57
1.12	Vakuumtechnik	59

Hubkolbenverdichter bestehen aus einem Kolben, der mit einem Kurbeltrieb in einem Zylinder hin und her bewegt wird. Während der Abwärtsbewegung wird über ein Ansaugventil Luft in den Zylinder gesaugt. In der darauf folgenden Aufwärtsbewegung wird der Zylinderraum durch den Kolben verkleinert und dadurch der Druck erhöht. Übersteigt der Druck im Zylinder den Druck auf der Auslassseite, so öffnet ein Ventil und die verdichtete Luft wird ausgeschoben.

Mit Hubkolbenverdichtern können in einer Stufe Drücke von bis zu 10 bar erzeugt werden. Durch mehrstufige Verdichtung sind Drücke von mehreren hundert bar möglich. Wegen der starken Erwärmung der Luft beim Verdichten muss diese zwischen den einzelnen Stufen abgekühlt werden. Je nach Ausführung erfolgt die Kühlung dabei mit Luft oder mit Wasser.

Da das Kurbelgehäuse von Hubkolbenverdichtern mit Öl geschmiert wird, gelangt eine kleine Menge von diesem Öl auch in die Druckluft. Bei manchen Anwendungsfällen wie beispielsweise in der Lebensmittelindustrie muss dieses Öl aus der Druckluft herausgefiltert werden.

Für kleine Druckluftmengen werden in diesen Fällen Membranverdichter eingesetzt. Bei diesen bewegt der Kolben eine Membran, die die Druckluft vom Kurbelgehäuse trennt.

Schraubenverdichter bestehen aus zwei ineinander greifenden schraubenförmigen Rotoren. Bei der Drehung der Rotoren wird der Raum zwischen den Rotoren und der Wandung verkleinert und die Luft dadurch verdichtet.

Zur Kühlung und zur Abdichtung wird bei manchen Schraubenverdichtern Öl eingespritzt. Es gibt aber auch ölfreie Schraubenverdichter, die als trockenlaufend bezeichnet werden. Eine weitere Möglichkeit ist das Einspritzen von Wasser.

Der Volumenstrom von Schraubenverdichtern ist pulsationsärmer als von Hubkolbenverdichtern. Für höhere Drücke kann die Verdichtung auch zweistufig erfolgen.

Im allgemeinen bringen Schraubenverdichter größere Liefermengen, Kolbenverdichter dagegen höhere Drücke. Bei vielen Einsatzfällen kommen jedoch beide Bauarten in Frage.

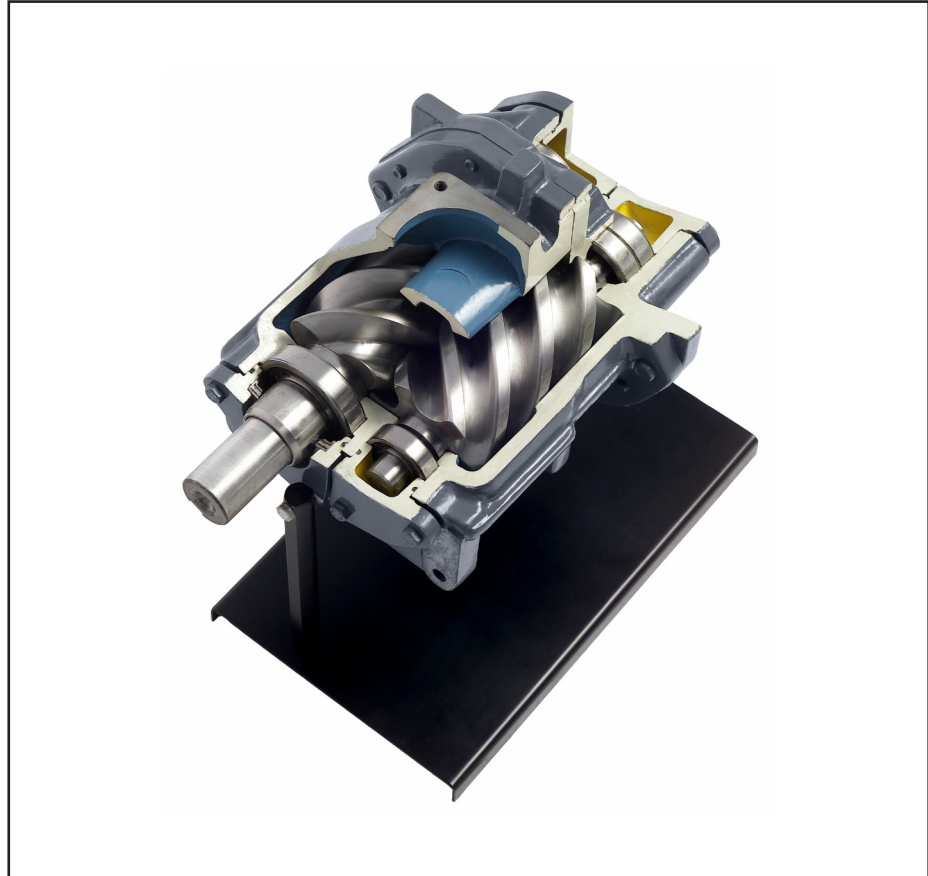


Bild 2: Schraubenverdichter (Photo: AtlasCopco)

1.3 Aufbereiten von Druckluft

Nach dem Verdichter wird die Druckluft in einem Behälter zwischengespeichert. Im Behälter wird die Luft abgekühlt und dabei bereits Wasser abgeschieden. Das entstandene Kondenswasser ist regelmäßig aus dem Behälter zu entfernen.

Der Behälter dient aber vorallem dem Ausgleich unterschiedlicher Verbräuche. Wird die erzeugte Druckluftmenge nur durch Ein- und Ausschalten des Verdichters geregelt, so sollte der Behälter eher größer gewählt werden. Die Einschalthäufigkeit des Verdichters wird dadurch verringert.

In neueren Anlagen werden die Rohrleitungen zur Verteilung der Druckluft eher etwas größer ausgeführt und somit das gesamte Druckluftnetz als Speicher genutzt. Druckschwankungen durch verschieden starke Verbraucher werden so vermieden. Verbrauchern, die hohe Druckluftverbräuche haben aber diese nur selten benötigen, werden Zwischenspeicher vorgeschaltet. Aus diesen erfolgt dann der Verbrauch der Druckluft.

1.3.1 Trocknung der Druckluft

In der vom Verdichter angesaugten Luft ist bereits Wasser in Form von Wasserdampf enthalten. Die absolute Menge an Wasserdampf wird dabei in g/m^3 angegeben.

Wieviel Wasserdampf in der Luft enthalten sein kann hängt von der Temperatur der Luft ab. Bei $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ kann in jedem Kubikmeter Luft maximal rund 17 g Wasser enthalten sein. Hat die Luft eine Temperatur von $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, so sind bereits rund 82 g/m^3 möglich.

Übersteigt die Wassermenge diese Werte so kann das überschüssige Wasser nicht mehr gasförmig bleiben und fällt in Form von Wassertröpfchen aus. Die maximal mögliche Wassermenge wird in einem Diagramm als Taupunktkurve bezeichnet.

Als relative Luftfeuchtigkeit wird bezeichnet, wieviel Wasserdampf sich in der Luft befindet im Verhältnis zur maximal möglichen Menge. Dieser Wert wird in Prozent angegeben und ist von der Temperatur der Luft abhängig.

Beispiel Wird Luft mit einer Temperatur von $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ und einer relativen Feuchtigkeit von $100\text{ }%$ auf $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ erwärmt, so sinkt die relative Luftfeuchtigkeit auf rund $20\text{ }%$ ab.

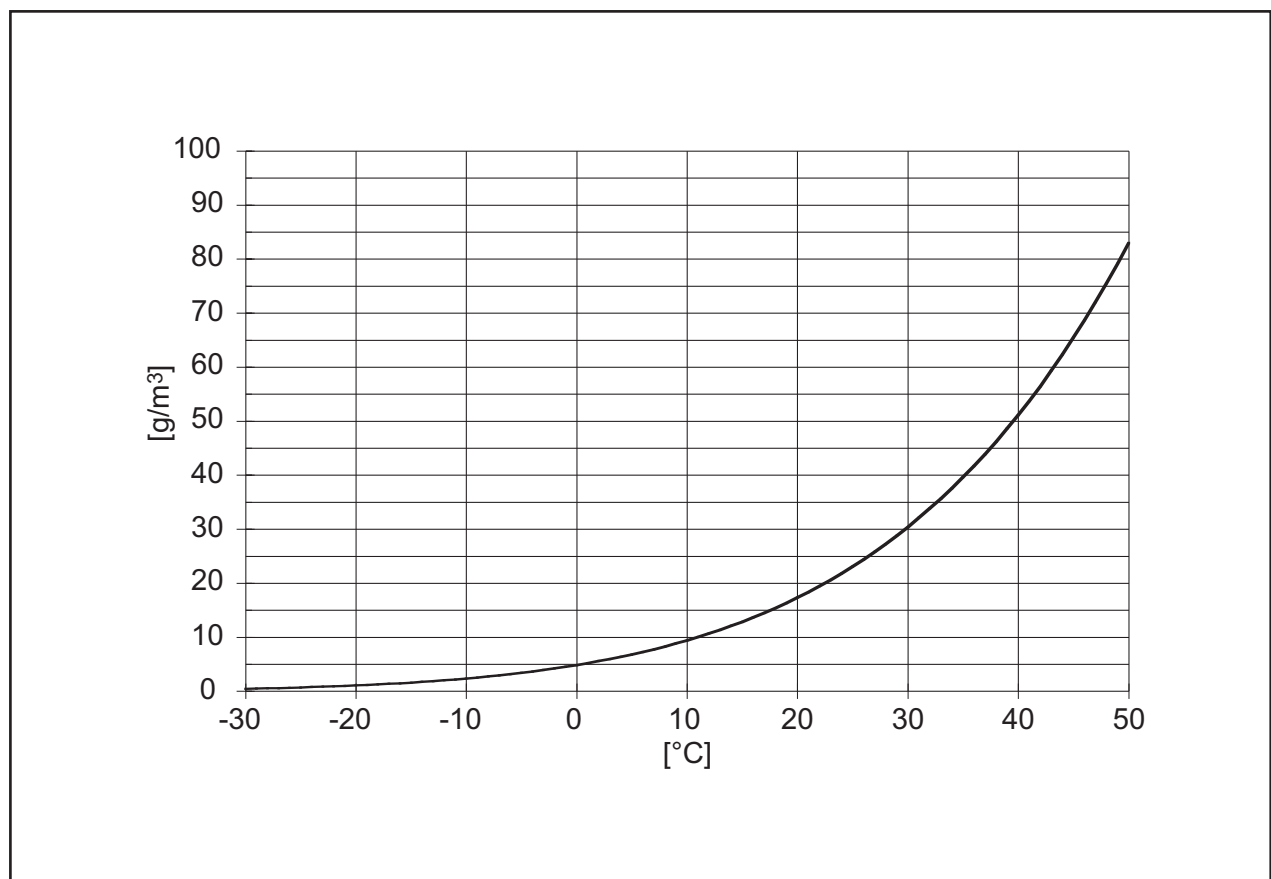


Bild 3: Taupunktkurve

Beim Verdichten wird das Volumen der Luft verringert. Gleichzeitig wird jedoch auch die Temperatur erhöht, so dass das vor der Verdichtung in der Luft befindliche Wasser weiterhin gasförmig bleiben kann. Im Druckluftbehälter jedoch kühlt die Luft ab. Die Wassermenge, die sich oberhalb der Taupunktkurve befindet, wird flüssig und fällt aus.

Die Druckluft im Behälter hat somit eine relative Luftfeuchtigkeit von 100 %. Gelangt diese Druckluft in die Anlage und kühlt sich dort noch weiter ab, so wird weiteres Wasser aus der Druckluft austreten. Dies kann zu Korrosion an den Bauteilen führen und diese beschädigen. Bei Temperaturen unter 0 °C kann das Wasser auch gefrieren und die Leitungen verstopfen. Um dies zu verhindern wird die Druckluft getrocknet.

Durch das Trocknen wird aus der Druckluft weiteres Wasser entfernt. Je nachdem, wie trocken die Druckluft danach ist, kann man sie mehr oder weniger weit abkühlen, ohne das Wasser in flüssiger Form ausfällt. Die Temperatur, bei der aus der getrockneten Luft nach der Abkühlung wieder Wasser kondensiert, wird Drucktaupunkt genannt.

Eine Möglichkeit zur Trocknung der Druckluft besteht darin, die Luft höher zu verdichten als sie eigentlich benötigt wird. Danach wird die Luft auf Umgebungstemperatur abgekühlt, wobei ein Teil des Wassers ausfällt. Anschließend wird die Druckluft teilweise entspannt und damit ihr Volumen vergrößert.

Dem Wasserdampf steht nun wieder ein größeres Volumen zur Verfügung und die relative Luftfeuchtigkeit sinkt ab. Da das Überverdichten jedoch sehr energieaufwändig ist wird diese Möglichkeit zur Trocknung der Luft nur selten angewendet.

1.3.2 Kältetrockner

Im Kältetrockner wird die Druckluft, wie es schon der Name sagt, abgekühlt und dabei getrocknet.

Zunächst durchströmt die Druckluft einen Wärmetauscher. Anschließend gelangt sie in einen Behälter, in dem sich ähnlich wie in einem Kühlschrank Kühlschlangen befinden. In diesem Behälter wird die Druckluft auf Temperaturen von etwa 2-3 °C abgekühlt.

Anschließend durchströmt die Druckluft wieder den Wärmetauscher. Dabei wird sie von der einströmenden Druckluft erwärmt und kühlt dabei diese gleichzeitig schon etwas ab.

Mit Kältetrocknern sind Drucktaupunkte von etwa 2-3 °C erreichbar. Eine weitere Abkühlung ist nicht möglich da sonst das Wasser im Kältetrockner gefrieren würde.

1.3.3 Adsorptionstrockner

Eine weitere häufig genutzte Möglichkeit der Drucklufttrocknung ist der Einsatz von Adsorptionstrocknern. Hier durchströmt die Druckluft zunächst einen von zwei Behältern. Ein Trocknungsmittel im Behälter nimmt den Wasserdampf auf und die Druckluft wird dadurch getrocknet.

Nach einer gewissen Zeit ist das Trocknungsmittel mit Feuchtigkeit gesättigt und der Adsorptionstrockner wird umgeschaltet. Jetzt strömt die Druckluft durch den zweiten Behälter. Gleichzeitig wird der erste Behälter regeneriert. Dazu wird kalte oder angewärmte Luft durch diesen Behälter geleitet und die Feuchtigkeit auf diese Weise herausgespült. Die Verwendung von erwärmter Luft ist dabei effektiver, da diese Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann.

Mit Adsorptionstrocknern kann man sehr trockene Druckluft erzeugen. Die Drucktaupunkte liegen wesentlich unter 0 °C.

1.3.4 Weitere Möglichkeiten zur Drucklufttrocknung

Eine andere Möglichkeit zur Trocknung von Druckluft besteht in der chemischen Bindung des Wasserdampfes. Die Druckluft strömt durch ein Salz, welches sich mit dem Wasserdampf verbindet und dabei auflöst. Bei der Absorptionstrocknung genannten Verfahren muss regelmäßig dieses Salz nachgefüllt werden. Deshalb findet diese Variante nur bei kleinen Druckluftmengen Anwendung.

Ebenfalls eher für kleine Druckluftmengen geeignet sind die Membrantrockner. Sie werden dezentral angeordnet. Da sie gefilterte Druckluft benötigen sind sie häufig den Wartungseinheiten nachgeschaltet.

Bei den Membrantrocknern strömt die Druckluft durch kleine Hohlfäden. Der Wasserdampf kann durch die Wandung der Hohlfäden, der Membran, hindurchdiffundieren. Nach dem Membranverdichter wird ein Teil der getrockneten Druckluft abgezweigt und als Spülluft verwendet. Mit der Spülluft wird der durch die Membran diffundierte Wasserdampf aus dem Membrantrockner herausgespült.

Außer der Druckluft, die als Spülluft abgezweigt wird, benötigt der Membrantrockner keine weitere Energie.

Gut aufbereitete und trockene Druckluft kann über beliebige Druckleitungen verteilt werden. Häufig sind die Leitungen jedoch mit einem kleinen Gefälle verlegt. Möglicherweise in den Leitungen kondensiertes Wasser wird dann an der tiefsten Stelle der Rohrleitung abgelassen.

Die Leitungen zu den einzelnen Verbrauchern verlassen die Hauptleitung in diesem Fall nach oben, bevor sie wie ein Krückstock nach unten gehen. Auch diese Bauweise ist dafür vorgesehen, möglicherweise in der Hauptleitung vorhandenes Wasser nicht zum Verbraucher gelangen zu lassen.

1.4 Wartungseinheiten

In der Pneumatik wird die Druckluft zentral erzeugt. Nach der Verteilung zu den einzelnen Anlagen wird die Druckluft nochmals in einer Wartungseinheit aufbereitet. Je nach Anwendungsfall bestehen die Wartungseinheiten aus verschiedenen Komponenten.

Die Wartungseinheiten haben eine definierte Durchströmungsrichtung, meistens von links nach rechts. Sollte die umgekehrte Strömungsrichtung erforderlich sein, muss die Wartungseinheit umgebaut werden.

1.4.1 Filter und Wasserabscheider

Als erstes durchströmt die Druckluft einen Filter. Hier wird die Druckluft von Verunreinigungen befreit. Durch kleine Leiteinrichtungen wird die Luft in eine kreisende Bewegung gebracht. Die Fliehkraft drückt die Staubpartikel nach außen. Dort sinken sie nach unten und lagern sich ab.

Die Luft strömt dabei von außen nach innen durch den Filter und gelangt danach zum nächsten Bauteil der Wartungseinheit. Für besonders empfindliche Bauteile ist ein Feinfilter vorzusehen. Diese werden von innen nach außen durchströmt. Es sollte dabei nur der Luftstrom fein gefiltert werden, für den diese Filterung wirklich notwendig ist.

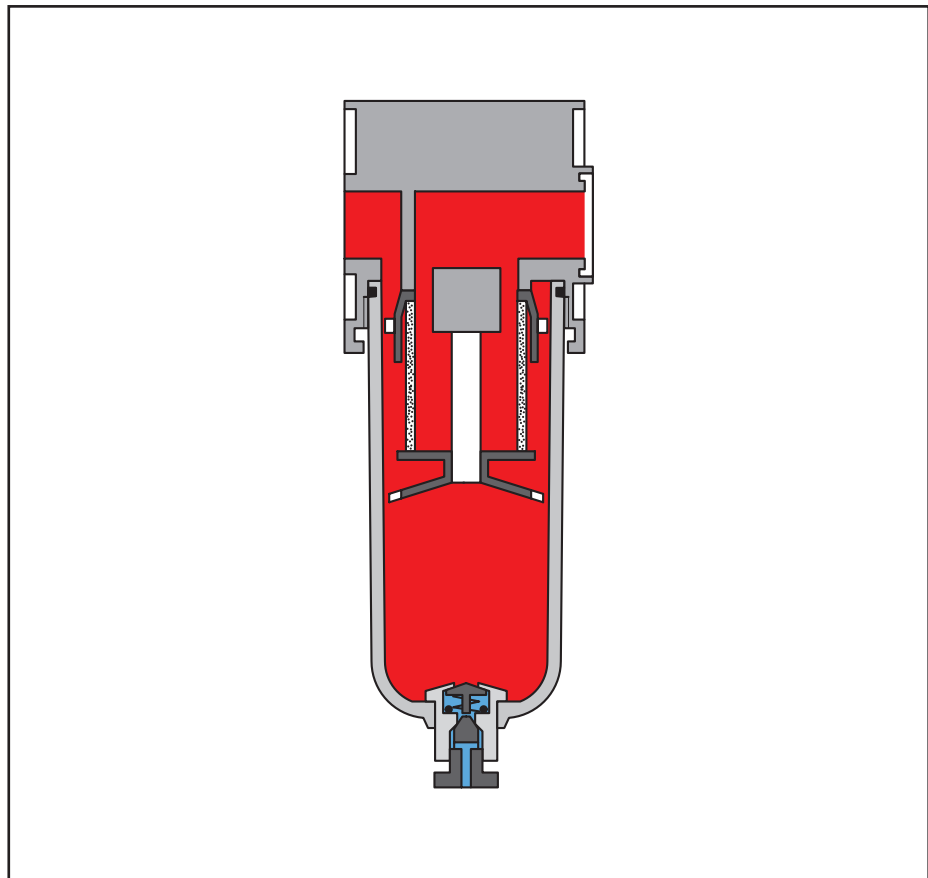


Bild 4: Filter mit Wasserabscheider (Bild: BoschRexroth)

Es sollte soviel wie notwendig aber nicht soviel wie möglich gefiltert werden.

Eine zweite Aufgabe der Filter besteht darin, eventuell in der Druckluft befindliche Wassertropfchen abzuschneiden. Wie die Staubteilchen sammelt sich das Wasser im unteren Teil des Filters. Da der Behälter durchsichtig ist, kann die angefallene Wassermenge gut erkannt werden.

Sollte im Filter Wasser anfallen, so ist dieses regelmäßig zu entfernen. Dies kann durch Öffnen der Verschlussschraube von Hand erfolgen. Fällt sehr viel Wasser an kann dies durch einen automatischen Kondensatentleerer selbstständig entfernt werden. Je nach Bauart ist darin ein Schwimmkörper verbaut, der bei einem bestimmten Wasserstand ein Ventil öffnet oder der Kondensatentleerer öffnet selbstständig bei jedem An- oder Abschalten der Druckluft.

1.4.2 Druckregler

Neben der Filterung der Druckluft soll die Wartungseinheit auch einen bestimmten Druck in der Druckluft einhalten. Für eine sichere Funktion muss aber der Druck vor der Wartungseinheit höher sein als der am Druckregler eingestellte Druckwert.

Im drucklosen Zustand ist der Druckregler geöffnet. Wird die Druckluft eingeschaltet, so strömt sie durch den Druckregler hindurch in die Anlage. Dort baut sich ein Druck auf, der immer weiter ansteigt. Dieser Druck wirkt über eine kleine Öffnung auf eine Membran im Druckregler. Auf die Gegenseite der Membran drückt eine Feder mit einstellbarer Kraft.

Durch ein Verstellen der Federkraft wird auch die Druckkraft verändert, die notwendig ist um die Membran zu verschieben. Ist die Druckkraft größer als die Federkraft verschiebt sich die Membran und der Durchgang durch den Druckregler wird verschlossen. Ein weiterer Druckanstieg ist somit nicht möglich.

Wird in diesem Zustand die Federkraft verringert oder steigt der Druck in der Anlage durch andere Gründe weiter an, wird auch die Membran weiter verschoben. Die Verbindung von der Druckseite zur Anlage ist aber bereits geschlossen. Deshalb wird bei einer weiteren Durchbiegung der Membrane eine Öffnung im Druckregler freigegeben, durch die die Druckluft der Anlage entweichen kann.

Der Druck in der Anlage sinkt dadurch soweit ab bis die Feder die Membran zurückschiebt und die Entlüftungsöffnung wieder verschließt.

Am Druckregler ist zusätzlich ein Manometer angebracht, womit der Druck nach dem Druckregelventil abgelesen werden kann.

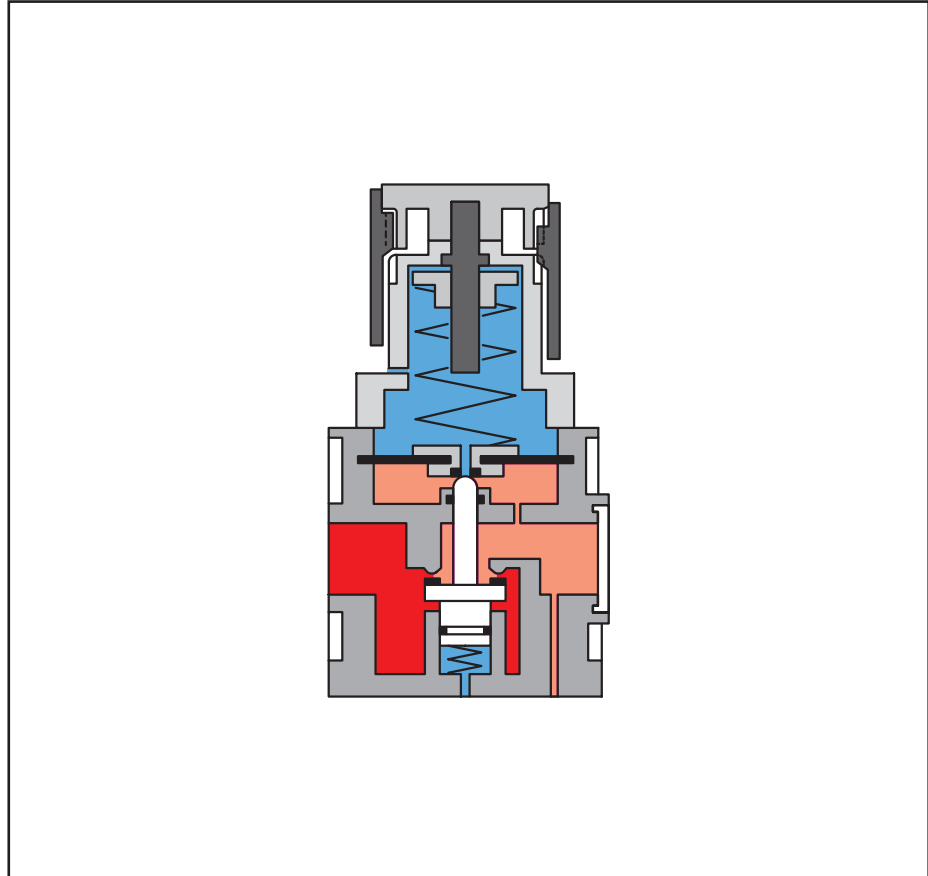


Bild 5: Druckregler (Bild: BoschRexroth)

1.4.3 Nebelöler

An vielen Wartungseinheiten findet man Nebelöler, die die Druckluft mit einem Ölnebel anreichern und damit die verschiedenen pneumatischen Bauteile schmieren.

Im Nebelöler ist eine Venturidüse eingebaut. Dort strömt die Druckluft durch eine verengte Stelle und wird dabei auf eine höhere Geschwindigkeit beschleunigt. Dadurch sinkt der Druck in der Druckluft ab. Durch ein Röhrchen wird aus einem Vorratsbehälter das Öl angesaugt, dem Luftstrom beigefügt und dabei in feine Tröpfchen zerstäubt.

In einem Schauglas ist die Menge des zugefügten Öls durch die Anzahl der Tropfen erkennbar. Mit einer Drosselschraube ist diese Ölmenge einstellbar.

Der Ölstand im Behälter des Nebelölers ist regelmäßig zu kontrollieren. Bei Bedarf ist Öl nachzufüllen. Dabei ist zu beachten, dass für eine ordnungsgemäße Schmierung der Bauteile ein bestimmter Ölverbrauch erforderlich ist.

Das Ölen der Bauteile bringt aber auch Probleme mit sich. Teilweise schlägt sich der Ölnebel bereits an den Wandungen der Rohrleitungen nieder, andererseits können andere Bauteile überölt werden.

Viele moderne pneumatische Komponenten benötigen daher keine geölte Druckluft mehr. Sie sind mit einer Einmalschmierung aus Fett versehen, die für die gesamte Lebensdauer ausreichend ist. An neuen Anlagen sollte deshalb auf eine Ölung der Druckluft verzichtet werden.

Es ist jedoch zu beachten, dass bereits einmal mit einem Ölnebel geschmierte Bauteile nicht mehr auf ölfreien Betrieb umgestellt werden können. Durch das Öl wurde die Fettschmierung ausgewaschen, so dass die Schmierung nun weiterhin mit geölter Druckluft erfolgen muss.

Zu den pneumatischen Komponenten, die weiterhin mit geölter Druckluft geschmiert werden, gehören auch die Lamellenmotoren. Dort sollte ein Nebelöler nur für diesen Antrieb eingesetzt werden und nicht zu weit vom Motor angeordnet sein.

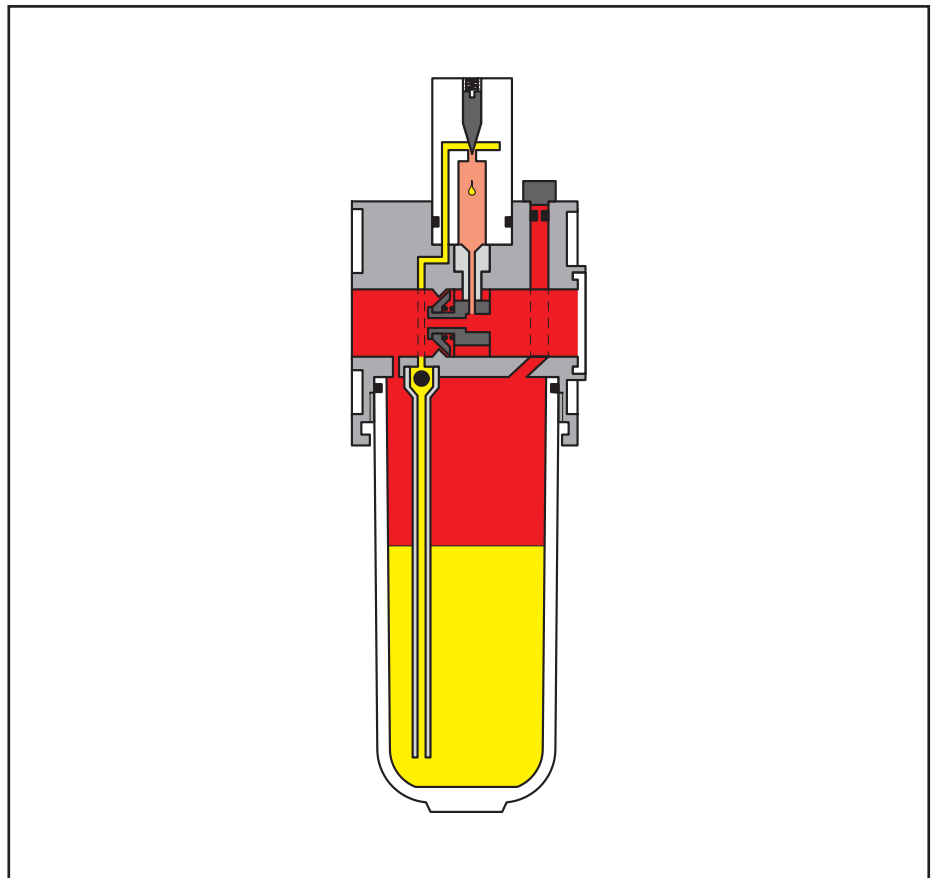


Bild 6: Nebelöler (Bild: BoschRexroth)

1.4.4 Sonstige Bestandteile

In Wartungseinheiten können je nach Einsatzfall weitere Bestandteile eingebaut werden. Zum Ein- und Abschalten der Druckluft wird ein Wegeventil eingesetzt. Es gibt verschiedene Konstruktionsprinzipien. Kugelventile haben beispielsweise den Vorteil, in geöffnetem Zustand dem Luftstrom fast keinen Widerstand entgegenzusetzen.

Wichtig für alle diese Wegeventile ist eine Entlüftungsöffnung, die die Druckluft beim Absperren aus der Anlage entlässt. Ist diese Entlüftungsöffnung fälschlicherweise verschlossen, wird die Anlage beim Absperren der Druckluftzufuhr nicht drucklos geschaltet. Erst nach dem Ablassen des Druckes können gefahrlos an der Anlage Arbeiten durchgeführt werden.

Bei manchen Absperrventilen besteht die Möglichkeit, die gesperrte Position durch ein oder mehrere Schlösser zu sichern. Dies wird beispielsweise dazu verwendet, ein Einschalten der Druckluft zu verhindern, solange sich noch Personen im Bereich der Anlage befinden.

Es besteht aber auch die Möglichkeit, die Druckluft durch elektrisch betätigte Absperrventile ein- oder auszuschalten.

Eine weitere Komponente stellen Druckschalter dar. Sie überprüfen, ob der eingestellte Druck vorhanden ist und geben in diesem Fall ein Signal an die Steuerung. Somit kann verhindert werden, dass die Anlage mit einem zu geringen Druck in Betrieb geht und dadurch an den Zylindern nicht die erforderliche Kraft aufgebracht wird.

An manchen Wartungseinheiten werden für das Einschalten der Druckluft Befüllventile verwendet. Diese Ventile werden auch Weichstartventile genannt, weil sie die Druckluft langsam in die Anlage strömen lassen. Zylinder haben dadurch die Möglichkeit, langsam in ihre Ausgangstellung zu fahren. Etwa beim Erreichen des halben Betriebsdrucks öffnen dann die Befüllventile ganz und geben den vollen Druck in die Anlage weiter.

Verteiler an den Wartungseinheiten gestatten das Aufteilen des Volumenstroms. So ist es beispielsweise möglich, einen Teil der Druckluft normal zu filtern und einen anderen Teil durch einen zusätzlichen Feinfilter zu leiten. Mit dieser besonders aufbereiteten Druckluft können dann sehr empfindliche Ventile betrieben werden, während für die restlichen Ventile die aufwändige Filterung nicht erforderlich ist.

1.4.5 Symbole der Bauteile von Wartungseinheiten

Zum Zeichnen von pneumatischen und hydraulischen Schaltplänen werden Symbole verwendet, die in der ISO DIN 1219 festgelegt sind. Dabei enthält der erste Teil der Norm die Symbole während im zweiten Teil die Regeln zum Zeichnen der Schaltpläne festgehalten sind.

Die Druckluftquelle wird durch ein Dreieck dargestellt. In vielen Schaltplänen ist noch das veraltete Symbol, ein Kreis mit einem Punkt darin, zu finden. Dieses Symbol sollte nicht mehr verwendet werden. In der Hydraulik wird eine Druckquelle durch ein ausgefülltes Dreieck symbolisiert.

Viele Symbole in der Pneumatik und Hydraulik werden als Kästchen gezeichnet. Der Filter ist ein auf der Spitze stehendes Quadrat. Die senkrechte gestrichelte Linie darin stellt den eigentlichen Filter dar. Der Querstrich mit der kurzen Linie nach unten symbolisiert den Wasserabscheider. Die Durchströmrichtung ist wie bei vielen Symbolen von links nach rechts.

Das Druckregelventil wird ebenfalls durch ein Quadrat dargestellt. An zwei gegenüberliegenden Seiten ist eine Feder und eine gestrichelte Linie gezeichnet. Ein Pfeil durch die Feder verdeutlicht die Einstellbarkeit der Federkraft. Die gestrichelte Linie ist eine interne Steuerleitung, die vom Ausgang des Druckregelventils entgegen der Federkraft wirkt.

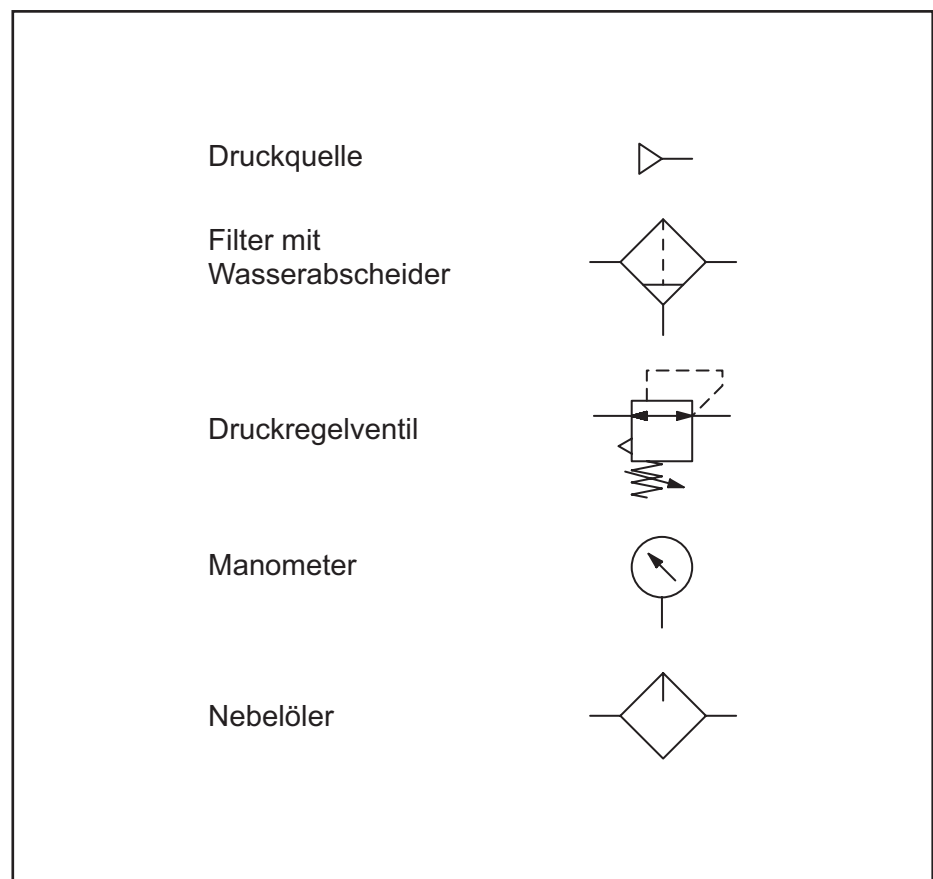


Bild 7: Symbole der Druckluftversorgung

Der Pfeil im Quadrat entspricht der Membrane. Dieser Pfeil ist als verschiebbar zu betrachten. Steigt der Ausgangsdruck an, so wird die Durchströmung des Druckregelventils unterbrochen. Das kleine Dreieck stellt die Entlüftungsöffnung dar, durch die ein zu hoher Druck abgebaut werden kann.

Das Symbol des Manometers besteht aus einem Kreis, in dem ein Pfeil den Zeiger darstellen soll. Manometer zum Messen eines Differenzdruckes haben unten zwei Anschlüsse.

Das Symbol des Nebelölers besteht wie der Filter aus einem auf der Spitze stehendem Quadrat. Ein kleiner Strich verdeutlicht die Zufuhr des Öls.

Die Symbole der Bestandteile der Wartungseinheiten können ausführlich gezeichnet werden. Da die Einzelteile zu einer Baugruppe verbunden sind, werden sie mit einer Strich-Punkt-Linie zusammengefasst.

In vielen Fällen ist es jedoch ausreichend, die Wartungseinheit als vereinfachtes Symbol zu zeichnen.

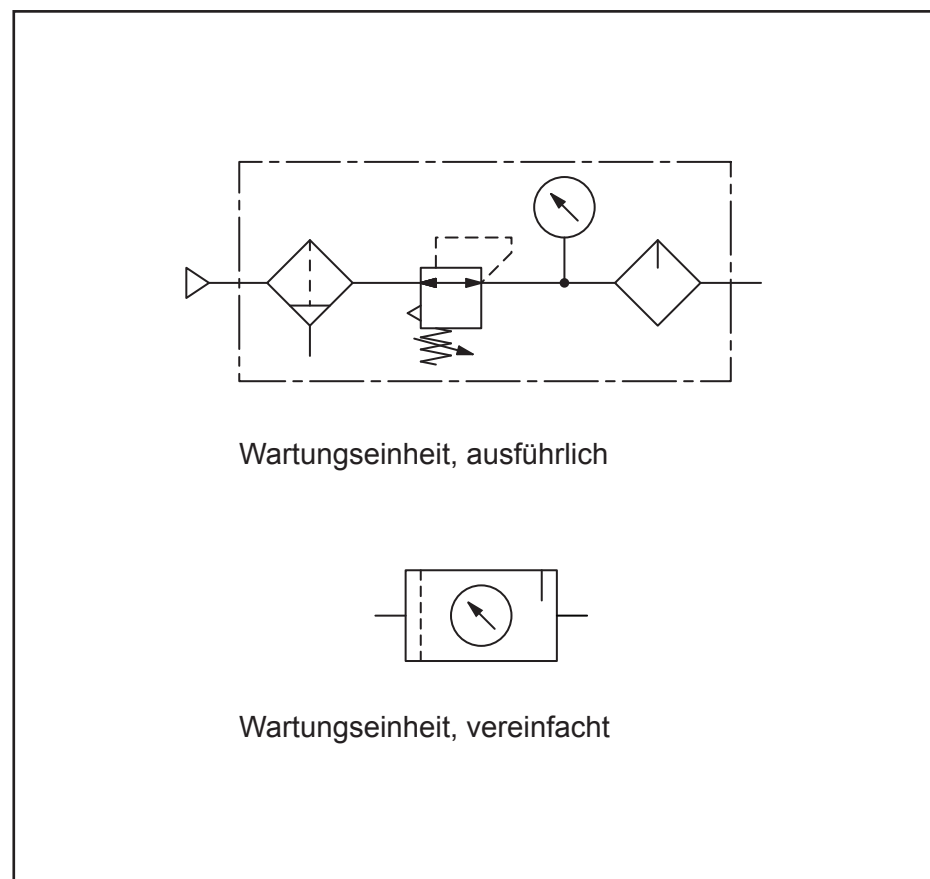


Bild 8: Symbole der Wartungseinheit

1.5 Pneumatische Antriebe

Die in der Pneumatik sehr häufig vorkommende geradlinige Bewegung wird von Zylindern durchgeführt. Dabei wird zwischen einfachwirkenden und doppeltwirkenden Zylindern unterschieden.

Drehende oder schwenkende Bewegungen können mit Zylindern und entsprechenden mechanischen Hebeln erzeugt werden. Es gibt aber auch spezielle Dreh- und Schwenkantriebe.

Kontinuierliche Drehbewegungen werden mit pneumatischen Motoren realisiert. Als Antriebe werden beispielsweise Lamellenmotore verwendet. Besonders hohe Drehzahlen wie beim Zahnarztbohrer werden mit Turbinenantrieben erreicht.

Als Baueinheiten werden pneumatische Antriebe bezeichnet, die aus mehreren Komponenten zusammengesetzt sind. So können Zylinder beispielsweise mit Führungseinheiten kombiniert sein um auch Querkräfte aufnehmen zu können.

1.5.1 Einfachwirkende Zylinder

Einfachwirkende Zylinder können nur in eine Richtung Arbeit verrichten. Sie haben nur einen Druckluftanschluss, über den der Kolben mit Druckluft beaufschlagt werden kann.

Der Kolbenstangenraum ist über eine Entlüftungsöffnung mit der Umgebung verbunden. Dadurch wird vermieden, dass sich beim Ausfahren des Zylinders ein Druckpolster im Kolbenstangenraum bildet. Beim Einfahren strömt Umgebungsluft über die Entlüftungsöffnung in den Kolbenstangenraum und verhindert damit das Entstehen eines Unterdruckes. Um ein Eindringen von Staub zu verhindern sind die Entlüftungsöffnungen häufig mit einem Filterelement versehen.

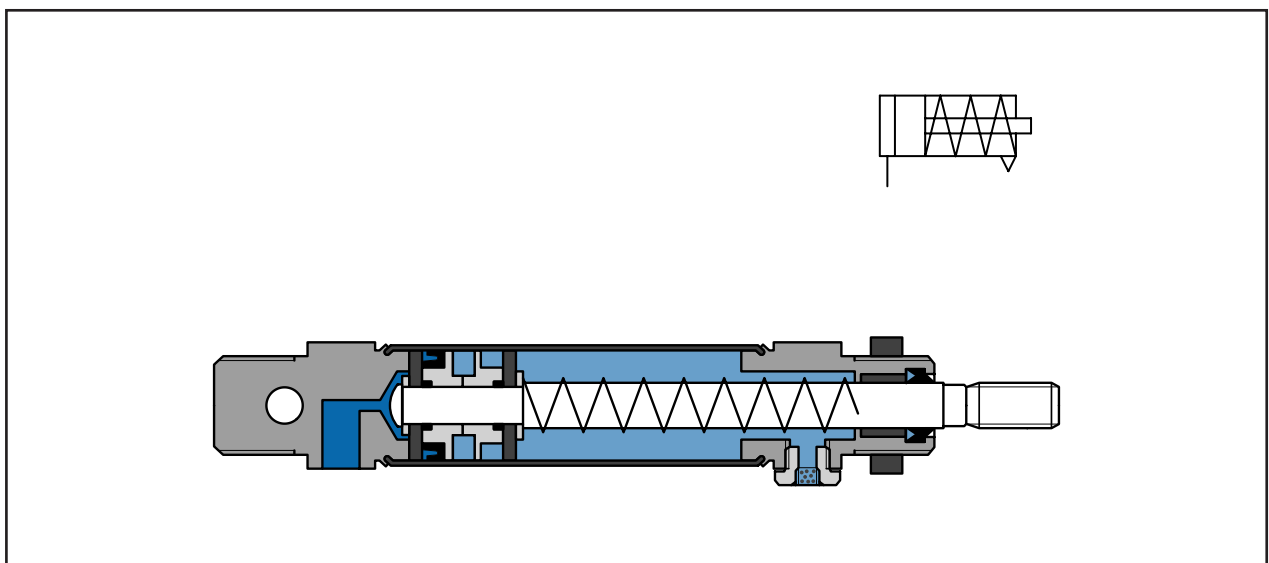


Bild 9: Einfachwirkender Zylinder (Bild: BoschRexroth)

Der Rückhub des Zylinders erfolgt durch die Kraft der Feder. Die Federkraft ist so bemessen, dass der Zylinder problemlos in seine Ausgangsstellung zurückfährt aber dem Ausfahren keine zu große Kraft entgegengesetzt wird.

Bei anderen Bauformen ist die Feder so in den Zylinder eingebaut, dass der Zylinder im drucklosen Zustand ausgefahren ist. Durch Anlegen von Druckluft fährt der Zylinder in diesem Fall ein.

Einfachwirkende Zylindern haben einen Hub von maximal 100 mm. Sie werden eingesetzt um Teile zu spannen, zuzuführen oder auszuwerfen.

Spezielle Bauformen von einfachwirkenden Zylindern sind Balgzylinder. Durch den großen Querschnitt können auch bei in der Pneumatik üblichen Drücken sehr große Kräfte erzeugt werden. Sie werden eingesetzt um große Massen anzuheben und wirken dabei gleichzeitig als Schwingungsdämpfer.

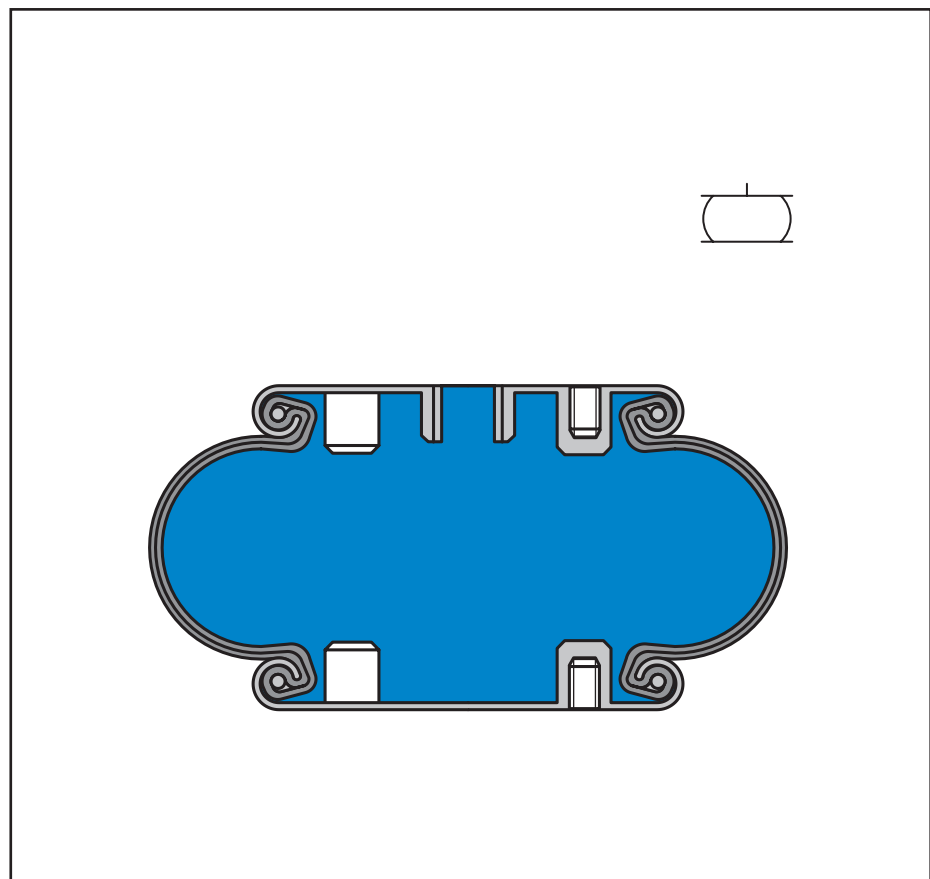


Bild 10: Balgzylinder (Bild: BoschRexroth)

1.5.2 Doppeltwirkende Zylinder

Doppeltwirkende Zylinder können in beiden Richtungen Arbeit verrichten. Die Kraft beim Einfahren ist dabei etwas kleiner als die Kraft beim Ausfahren, da am Kolben nur die kleinere ringförmige Fläche zur Verfügung steht.

Es gibt eine große Anzahl an unterschiedlichen Bauformen. Die Kolbendurchmesser können im Bereich von wenigen Millimetern bis zu etwa 250 mm liegen. Der Hub kann länger aber auch kürzer als der Kolbendurchmesser sein.

Viele Zylinder können mit Zylinderschaltern versehen werden. Mit diesen Schaltern ist das Abfragen der Position des Kolbens möglich. Die Zylinderschalter befinden sich dabei meistens in den Endlagen des Zylinders.

Für das berührungslose Betätigen der Zylinderschalter sind die Kolben des Zylinders mit einem Magnetring versehen. Fährt der Kolben in die Nähe des Zylinderschalters, so wird durch das Magnetfeld der Schalter betätigt.

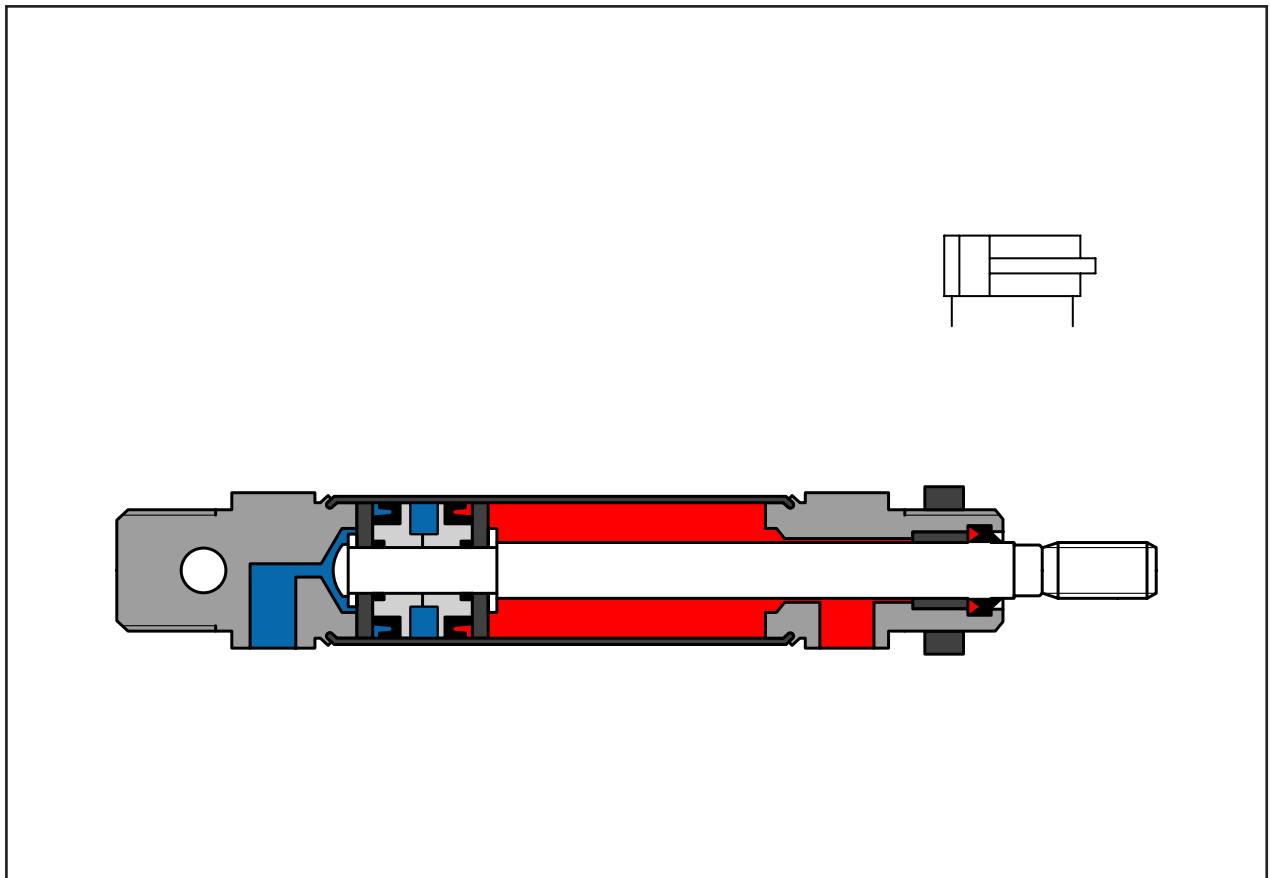


Bild 11: Doppeltwirkender Zylinder (Bild: BoschRexroth)